

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа Инженерная школа природных ресурсов

Направление подготовки 18.04.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

Отделение школы (НОЦ) Отделение химической инженерии

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Исследование влияния состава дизельных топлив на эффективность действия депрессорных и диспергирующих присадок

УДК 665.753.4.038

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2КМ61	Богданов Илья Александрович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ	Киргина Мария Владимировна	кандидат технических наук		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Криницына Зоя Васильевна	кандидат технических наук		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОКД	Авдеева Ирина Ивановна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ	Самборская Марина Анатольевна	кандидат технических наук		

Томск – 2018 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

18.04.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

Код	Результат обучения	Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР, и/или заинтересованных сторон
Общие по направлению подготовки (специальности)		
P1	Осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1 ОК-1, ОК-2, ОК-3), CDIO Syllabus. Критерии АИОР, согласованные с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования профессиональных стандартов: 40.008 – «Специалист по организации и управлению научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими работами», 40.033 – «Специалист по стратегическому и тактическому планированию и организации производства»
P2	Осуществлять управление проектом на всех этапах его жизненного цикла	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-2 ОПК-4, ОПК-5), CDIO Syllabus. Критерии АИОР, согласованные с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования профессиональных стандартов: 40.008 – «Специалист по организации и управлению научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими работами», 40.011 – «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским работам», 40.033 – «Специалист по стратегическому и тактическому планированию и организации производства»
P3	Организовывать и руководить работой команды, вырабатывать командную стратегию для достижения цели	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-3 ОПК-2, ОПК-3, ПК-2, ПК-14), CDIO Syllabus. Критерии АИОР, согласованные с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования профессиональных стандартов: 40.008 – «Специалист по организации и управлению научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими работами», 40.011 – «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским работам», 40.033 – «Специалист по стратегическому и тактическому планированию и организации производства»
P4	Применять современные коммуникативные технологии в том числе на иностранном (-ых) языке (-ах) для академического и профессионального взаимодействия	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-4 ОПК-1, ОПК-3, ПК-5), CDIO Syllabus. Критерии АИОР, согласованные с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования профессиональных стандартов: 40.008 – «Специалист по организации и управлению научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими работами», 40.011 – «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским работам», 40.033 – «Специалист по стратегическому и тактическому планированию и организации производства»

		работам»
P5	Проводить анализ и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-5, ОК-2, ОПК-2, ОПК-3, ПК-5), CDIO Syllabus. Критерии АИОР, согласованные с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования профессиональных стандартов: 40.008 – «Специалист по организации и управлению научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими работами»
P6	Определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности, разрабатывать способы ее совершенствования на основе самооценки	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-6, ОК-1, ОК-3), CDIO Syllabus. Критерии АИОР, согласованные с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования профессиональных стандартов: 40.008 – «Специалист по организации и управлению научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими работами»
Профиль «Процессы и аппараты химической технологии»		
P7	Формулировать, разрабатывать и реализовывать методы решения научно-исследовательских задач, в области ресурсоэффективности и инжиниринга нефтегазоперерабатывающих и нефтехимических производств представлять и защищать результаты	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-2, УК-3, ОПК-3, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-10, ПК-11, ПК-12, ПК-13, ПК-14, ПК-15, ПК-16, ПК-17), CDIO Syllabus. Критерии АИОР, согласованные с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования профессиональных стандартов: 40.011 – «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским работам», 40.008 – «Специалист по организации и управлению научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими работами» 26.014 – «Специалист в области разработки, сопровождения и интеграции технологических процессов и производств в области биотехнических систем и технологий»
P8	Проводить все стадии проектирования с использованием методов математического моделирования, коммерческих симуляторов и пакетов прикладных программ, в области ресурсоэффективности и инжиниринга нефтегазоперерабатывающих и нефтехимических производств	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, УК-2, ПК-18, ПК-19, ПК-20, ПК-21, ПК-22, ПК-23), CDIO Syllabus. Критерии АИОР, согласованные с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования профессиональных стандартов: 40.011 – «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским работам», 40.008 – «Специалист по организации и управлению научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими работами» 26.014 – «Специалист в области разработки, сопровождения и интеграции технологических процессов и производств в области биотехнических систем и технологий», 19.002 – «Специалист по химической переработке нефти и газа», 19.008 – «Специалист по диспетчерско-технологическому управлению нефтегазовой отрасли», 19.012 – «Специалист по оперативно-диспетчерскому управлению нефтегазовой отрасли»

Р9	Разрабатывать учебно-методическую документацию, ставить новые лабораторные работы, проводить практические занятия по теме, ресурсоэффективности и инжиниринга нефтегазоперерабатывающих и нефтехимических производств	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-4, УК-5, ПК-25, ПК-26), CDIO Syllabus. Критерии АИОР, согласованные с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования профессиональных стандартов: 01.004 – «Педагог профессионального обучения, профессионального образования и дополнительного профессионального образования»
----	---	--

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа Инженерная школа природных ресурсов
Направление подготовки (специальность) 18.04.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы
в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
Отделение школы (НОЦ) Отделение химической инженерии

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
2КМ61	Богданову Илье Александровичу

Тема работы:

Исследование влияния состава дизельных топлив на эффективность действия депрессорных и диспергирующих присадок	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№1651/с от 13.03.2018 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2018 г.
--	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Образцы прямогонного дизельного топлива с предприятий Западной Сибири; депрессорно-диспергирующие присадки для дизельного топлива.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	<div>1 Обзор литературы</div> <div>1.1 Дизельные топлива</div> <div>1.2 Свойства и марки дизельных топлив</div> <div>1.3 Производство дизельных топлив</div> <div>1.4 Присадки для дизельных топлив</div> <div>2 Объект и методы исследования</div> <div>2.1 Образцы дизельного топлива и низкотемпературные присадки</div> <div>2.2 Методика определения цетанового индекса дизельных топлив</div> <div>2.3 Методики определения низкотемпературных свойств дизельных топлив</div> <div>2.4 Методики определения плотности и вязкости дизельных топлив</div> <div>2.5 Методика определения содержания серы в дизельных топливах</div>

	2.6 Методы определения фракционного состава дизельных топлив 2.7 Методики определения группового и структурно-группового состава дизельных топлив 3 Расчеты и аналитика 3.1 Результаты определения физико-химических свойств и эксплуатационных характеристик образцов дизельного топлива 3.2 Результаты определения группового и структурно-группового состава образцов дизельного топлива 3.3 Приготовление смесей образцов прямогонных дизельных топлив с низкотемпературными присадками 3.4 Определение свойств смесей дизельных топлив с депресорно-диспергирующими присадками 4 Результаты проведенного исследования 4.1 Анализ влияния присадок на низкотемпературные свойства дизельных топлив 4.2 Исследование влияния состава дизельного топлива на эффективность действия низкотемпературных присадок 5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 6 Социальная ответственность
--	--

Перечень графического материала

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Криницына Зоя Васильевна, к.т.н., доцент
«Социальная ответственность»	Авдеева Ирина Ивановна, ассистент

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

Обзор литературы

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	01.03.2018 г.
---	---------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ	Киргина Мария Владимировна	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2КМ61	Богданов Илья Александрович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕДИНЕНИЕ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
2КМ61	Богданову Илье Александровичу

Школа	ИШПР	Отделение	Химической инженерии
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	18.04.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования.
2. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	Определение целей и ожиданий, требований проекта. Определение заинтересованных сторон и их ожиданий.
3. Планирование процесса управления НИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Составление календарного плана проекта. Определение бюджета НИ
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Проведение оценки экономической эффективности исследования качества дизельных топлив.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

- Альтернативы проведения НИ
- График проведения и бюджет НИ
- Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ
- Сравнительная эффективность разработки

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.03.2018
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Криницына Зоя Васильевна	кандидат технических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2КМ61	Богданов Илья Александрович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2КМ61	Богданову Илье Александровичу

Школа	ИШПР	Отделение	Химической инженерии
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	18.04.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p><i>Объектом исследования является прямогонное дизельное топливо.</i></p> <p><i>Экспериментальная часть работы проводилась в лаборатории отделения химической инженерии ТПУ. Рабочая зона - аудитория, оборудованная системами отопления, кондиционирования воздуха и естественным и искусственным освещением.</i></p> <p><i>Рабочее место – лабораторный шкаф с вытяжной системой</i></p> <p><i>Область применения – нефтеперерабатывающая промышленность.</i></p>
---	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Производственная безопасность</p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты; 	<p><i>1.1В исследовательской лаборатории вероятно воздействие следующих вредных факторов:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - освещение - шум; - уровень электромагнитных излучений; - микроклимат, - вредные вещества. <p><i>1.2 Вредные вещества. В исследовательской лаборатории при</i></p>
--	---

<p>– (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства).</p> <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <p>– механические опасности (источники, средства защиты);</p> <p>– термические опасности (источники, средства защиты);</p> <p>– опасность поражения электрическим током электробезопасность (источники, средства защиты).</p>	<p><i>проведении работ присутствуют вредные вещества такие, как:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - этиловый спирт, - анилин, - бензол, - пары нефтепродуктов. <p><i>Средства защиты: хлопчатобумажные халаты, перчатки, очки защитные.</i></p> <p><i>К опасным факторам относятся:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - горючесть, взрывоопасность и токсичность применяемых веществ; - наличие электротехнических устройств высокого напряжения; - короткое замыкание - статическое электричество - превышение токсичных веществ в воздухе рабочей зоны.
<p>2. Экологическая безопасность:</p> <p>– анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);</p> <p>– анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);</p> <p>– анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);</p> <p>– разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.</p>	<p><i>Основными загрязнителями являются:</i></p> <p><i>-Нефтепродукты (дизельное топливо).</i></p> <p><i>-Анилин.</i></p> <p><i>-Бензол.</i></p> <p><i>-Нефтяные растворители.</i></p> <p><i>-Люминесцентные лампы.</i></p> <p><i>-Макулатура.</i></p>
<p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p> <p>– перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения;</p> <p>– выбор наиболее типичной ЧС;</p> <p>– разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</p> <p>– разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.</p>	<p><i>Возникновение ЧС, требующих обеспечение электро- и пожаровзрывобезопасности на рабочем месте.</i></p> <p><i>Перечень возможных ЧС:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - пожар; - взрыв; - розлив реагентов; <p><i>Для обеспечения безопасной эксплуатации лабораторного оборудования предусмотрено отключение электрооборудования со щита.</i></p>
<p>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <p>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</p> <p>– организационные мероприятия при</p>	<p><i>К нормативным актам, регулирующим вопросы охраны труда, в первую очередь относится Трудовой кодекс Российской Федерации. Для обеспечения безопасности на рабочем месте необходимо руководствоваться санитарными нормами и правилами.</i></p>

компоновке рабочей зоны.	<p><i>ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.</i></p> <p><i>ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования.</i></p> <p><i>ПНД Ф 12.13.1-03. Методические рекомендации. Техника безопасности при работе в аналитических лабораториях (общие положения)</i></p>
--------------------------	---

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.03.2018
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Авдеева Ирина Ивановна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2КМ61	Богданов Илья Александрович		

Реферат

Выпускная магистерская диссертация содержит 124 с., 9 рисунков, 39 таблиц, 49 источников, 2 приложения.

Ключевые слова: дизельное топливо, присадка, температура помутнения, температура застывания, предельная температура фильтруемости, механизм действия, углеводородный состав.

Объект исследования – образцы прямогонного дизельного топлива с предприятий Западной Сибири, а так же их смеси с депрессорно-диспергирующими присадками.

Цель работы – исследование влияния состава дизельных топлив на эффективность действия депрессорных и диспергирующих присадок.

В процессе исследования:

1. Установлено, что использование исследуемых образцов прямогонного дизельного топлива в зимних и арктических условиях возможно только в случае применения низкотемпературных присадок.

2. Показано, что наиболее эффективной низкотемпературной присадкой, из трех исследуемых, является присадка С.

В результате исследования показано что, при выборе низкотемпературной присадки для дизельного топлива и подборе ее оптимальной концентрации необходимо учитывать оптимальное содержание парафинов в дизельном топливе, при котором действие депрессорной присадки наиболее эффективно.

Экономическая эффективность/значимость работы: установленные зависимости влияния состава дизельных топлив на действие низкотемпературных присадок позволят эффективнее выбирать и подбирать концентрацию присадок, что повысит качество производимых зимних и арктических дизельных топлив и снизит их себестоимость.

Оглавление

Введение.....	16
1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	19
1.1 Дизельные топлива	19
1.2 Свойства и марки дизельных топлив	21
1.3 Производство дизельных топлив	25
1.4 Присадки для дизельных топлив.....	27
1.4.1 Цетаноповышающие присадки.....	27
1.4.2 Смазывающие присадки.....	28
1.4.3 Низкотемпературные присадки для дизельных топлив.....	29
1.4.3.1 Депрессорные присадки.....	29
1.4.3.2 Диспергирующие присадки	31
2 ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	32
2.1 Образцы дизельного топлива и низкотемпературные присадки	32
2.2 Методика определения цетанового индекса дизельных топлив.....	33
2.3 Методики определения низкотемпературных свойств дизельных топлив	34
2.4 Методики определения плотности и вязкости дизельных топлив	38
2.5 Методика определения содержания серы в дизельных топливах	40
2.6 Методы определения фракционного состава дизельных топлив	41
2.7 Методики определения группового и структурно-группового состава дизельных топлив.....	41
3 РАСЧЕТЫ И АНАЛИТИКА	46
3.1 Результаты определения физико-химических свойств и эксплуатационных характеристик образцов дизельного топлива	47

3.2 Результаты определения группового и структурно-группового состава образцов дизельного топлива	50
3.3 Приготовление смесей образцов прямогонных дизельных топлив с низкотемпературными присадками.....	53
3.4 Определение свойств смесей дизельных топлив с депресорно-диспергирующими присадками.....	54
4 РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕДЕННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ.....	56
4.1 Анализ влияния присадок на низкотемпературные свойства дизельных топлив	56
4.2 Исследование влияния состава дизельного топлива на эффективность действия низкотемпературных присадок	58
5 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	61
5.1 Потенциальные потребители результатов исследования	61
5.2 Диаграмма Исикавы.....	62
5.3 Оценка готовности проекта к коммерциализации.....	62
5.4 Методы коммерциализации результатов научно–технического исследования	64
5.5 Инициализация проекта	64
5.6 Планирование управления научно-техническим проектом	66
5.6.1 План проекта	66
5.7 Бюджет научного исследования.....	69
5.7.1 Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты	69
5.7.2 Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	70
5.7.3 Основная заработная плата.....	71

5.7.4	Дополнительная заработная плата научно–производственного персонала	74
5.7.5	Отчисления на социальные нужды и накладные расходы	74
5.8	Организационная структура проекта	75
5.9	Матрица ответственности	76
5.10	План управления коммуникациями проекта	77
5.11	Реестр рисков проекта	77
5.12	Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	78
5.12.1	Оценка сравнительной эффективности исследования	78
6	СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	81
6.1	Описание рабочего места	81
6.2	Анализ выявленных вредных факторов	82
6.2.1	Характеристика вредных веществ	82
6.2.2	Микроклимат	85
6.2.3	Производственное освещение	85
6.2.4	Шум	87
6.2.5	Уровень электромагнитных излучений	88
6.3	Анализ выявленных опасных факторов	88
6.3.1	Электробезопасность	88
6.3.2	Пожаровзрывобезопасность	90
6.4	Охрана окружающей среды	91
6.4.1	Воздействие на атмосферу	91
6.4.2	Воздействие на гидросферу	92
6.4.3	Воздействие на литосферу	92

6.5 Защита в чрезвычайных ситуациях	92
6.5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	93
Выводы	96
СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СТУДЕНТА.....	98
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	101
Приложение 1	107
Приложение 2	123

Введение

Одним из важнейших вопросов в нефтеперерабатывающей промышленности на данный момент является получение высококачественных моторных топлив. При этом мировые тенденции прогнозируют переориентирование спроса с бензина на дизельное топливо.

В случае Российской Федерации из-за климатических особенностей важным является не только производство качественных и экологичных нефтепродуктов, но и обеспечение большинства территорий зимними и арктическими сортами дизельного топлива.

Производство низкозастывающих марок дизельного топлива высокого качества из года в год усложняется, так как сырьевая база нефтеперерабатывающих заводов ухудшается за счет вовлечения тяжелой, высокосернистой нефти и фракций, полученных на установках каталитической переработки сырья.

Существуют различные способы улучшения низкотемпературных свойств дизельного топлива, однако получившим наибольшее распространение и наиболее экономически выгодным является использование депрессорно-диспергирующих присадок.

Дизельное топливо, в отличие от других видов топлива, в значительной степени может отличаться по составу в зависимости от сырья и технологии производства. В то же время, использование присадок не является универсальным способом улучшения низкотемпературных свойств дизельного топлива, так как в большинстве случаев существует необходимость подбора индивидуальных присадочных композиций для каждой отдельной партии топлива. Поэтому вопросы рационального потребления и подбора присадок, а также обеспечения требуемого качества вырабатываемых продуктов встает на первое место при производстве дизельного топлива.

Таким образом, **целью** данной работы является исследование влияния состава дизельных топлив на эффективность действия депрессорных и диспергирующих присадок.

Основные задачи исследования:

1. Определить физико-химические свойства и эксплуатационные характеристики образцов прямогонного дизельного топлива (фракционный состав, плотность, вязкость, содержание серы, предельная температура фильтруемости, температура помутнения, температура застывания, цетановый индекс).
2. Определить структурный и структурно-групповой состав образцов прямогонного дизельного топлива.
3. Исследовать влияние трех депрессорно-диспергирующих присадок на низкотемпературные свойства образцов прямогонного дизельного топлива.
4. Исследовать влияние изменения концентрации депрессорно-диспергирующих присадок на эффективность их действия.
5. Исследовать качественное влияние фракционного, группового и структурно-группового состава образцов прямогонных дизельных топлив на эффективность действия депрессорно-диспергирующих присадок.

Объектом исследования в данной работе выступили образцы прямогонного дизельного топлива с предприятий Западной Сибири, а так же их смеси с депрессорно-диспергирующими присадками.

Предметом исследования стали состав и низкотемпературные свойства дизельных топлив: предельная температура фильтруемости, температура помутнения, температура застывания и эффективность действия низкотемпературных присадок.

Научная новизна работы:

1. Показано что, при выборе низкотемпературной присадки для дизельного топлива и подборе ее оптимальной концентрации необходимо учитывать оптимальное содержание парафинов в дизельном топливе, при котором действия депрессорной присадки наиболее эффективно.

2. Установлено что, высокое содержание в дизельном топливе тяжелых парафиновых углеводородов повышает эффективность действия низкотемпературных присадок; высокое содержание в дизельном топливе ароматических углеводородов снижает эффективность действия низкотемпературных присадок, при одновременном повышении эффективности действия присадок при увеличении содержания полициклических ароматических углеводородов.

Практическая значимость работы:

1. Установлено, что использование исследуемых образцов прямогонного дизельного топлива в зимних и арктических условиях возможно только в случае применения низкотемпературных присадок.
2. Показано, что наиболее эффективной низкотемпературной присадкой, из трех исследуемых, является присадка С. Для присадок А и С уменьшение концентрации в два раза (по сравнению с рекомендуемой производителем) не влияет на эффективность действия присадок, однако увеличение концентрации в два раза повышает эффективность действия присадок. В случае присадки В, увеличение концентрации – улучшает эффективность действия присадки.

Установленные зависимости влияния состава дизельных топлив на действие низкотемпературных присадок позволят эффективнее выбирать и подбирать концентрацию присадок, что повысит качество производимых зимних и арктических дизельных топлив и снизит их себестоимость.

Апробация работы

Основные положения работы были представлены на международном форуме по стратегическим технологиям «IFOST-2018», XXII Международном научном симпозиуме студентов и молодых ученых имени академика М.А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр», и XIX Международной научно-практической конференции имени профессора Л.П. Кулёва студентов и молодых ученых «Химия и химическая технология в XXI веке».

1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Дизельные топлива

Дизельное топливо является одним из наиболее массово потребляемых топлив для двигателей внутреннего сгорания в мире и в частности в России. На протяжении последних трех лет в России наблюдается подъем производства дизельного топлива. В 2017 году в России было произведено 76 847 тыс. тонн дизельного топлива, что на 0,9% выше объема производства 2016 года [1]. По данным аналитического центра при правительстве Российской Федерации дизельное топливо занимает первое место в структуре экспорта нефтепродуктов в страны Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) (Рисунок 1.1) [2].

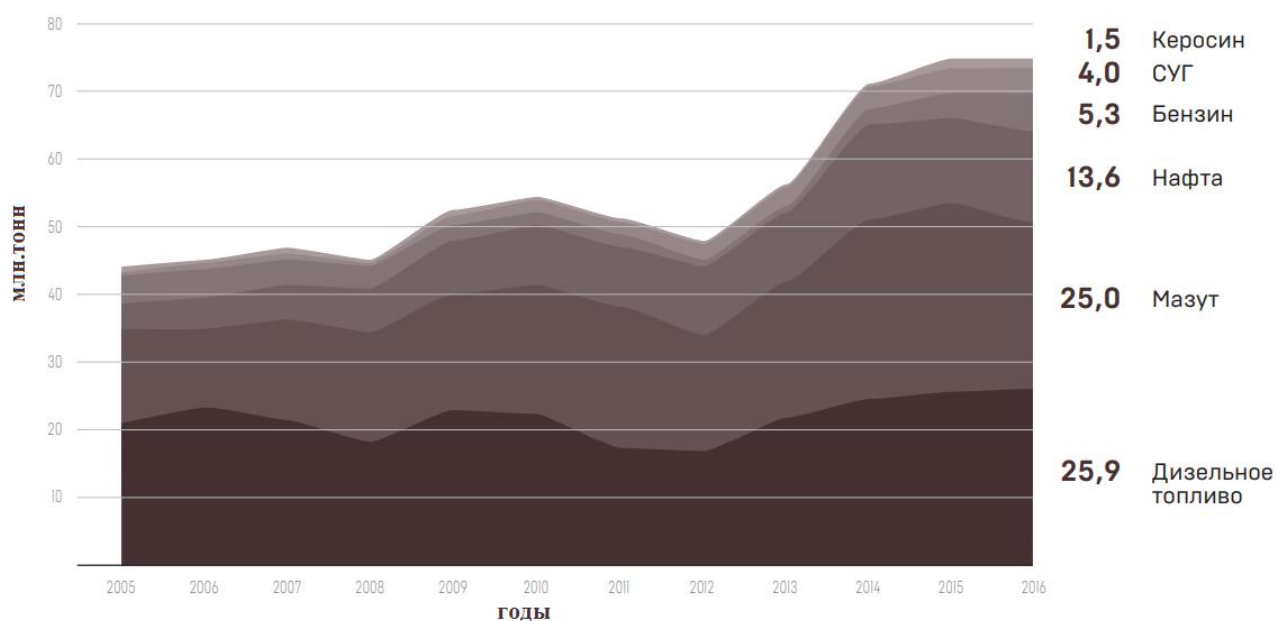


Рисунок 1.1 – Нефтепродуктовая структура экспорта России в страны ОЭСР в 2005-2016 годах, млн. тонн

Увеличение объемов потребления и производства дизельного топлива обусловлено увеличением удельной доли дизельных двигателей в современном автопарке.

Рост числа автомобилей на дизельном топливе обусловлен следующими преимуществами дизельного двигателя:

- расход топлива меньше на 30-35%;

- средняя температура рабочего цикла в дизельных двигателях ниже, что облегчает его охлаждение;
- применение в дизельных двигателях более тяжелого по сравнению с бензином топлива обеспечивает пожарную безопасность, облегчает транспортирование и хранение топлива;
- допускают большие переагрузки и отличаются большей устойчивостью в работе;
- выхлопные газы менее токсичны;
- за счет значительно меньшего времени контакта топлива с воздухом (топливо в дизельных двигателях впрыскивается только к концу такта сжатия) полностью устраняется опасность возникновения детонационного сгорания;
- практически неограниченная возможность обеднения горючей смеси, что позволяет изменять мощность дизельных двигателей только путем регулирования подачи топлива при постоянном расходе воздуха;
- возможность использования топлив с различной испаряемостью: среднестиллятных, утяжеленных, а при определенных условиях и легких типа бензина и керосина [3].

Однако наряду с этим дизельные двигатели имеют ряд недостатков и конструктивных особенностей:

- несколько меньше динамика разгона;
- большой шум и вибрация при работе двигателя;
- чувствительная топливная система;
- ухудшение запуска при низких температурах;
- не терпит высоких оборотов, и как следствие высоких скоростей, поскольку топливо не успевает догорать в цилиндрах;
- большая масса, меньшая литровая мощность;
- чаще требуется замена масла и фильтров, масло необходимо более высокого качества;

- для запуска дизельного двигателя необходим аккумулятор большей емкости и более мощный стартер;
- ремонт дизельного двигателя обычно дороже ремонта бензинового двигателя того же класса.

Все это поставило почти во всех странах задачу первоочередной важности: постепенно увеличить долю дизельных двигателей на транспорте и довести ее до 60-65%. Особо поставлен вопрос о переходе на дизельные двигатели на легковом автотранспорте [4].

1.2 Свойства и марки дизельных топлив

К наиболее важным показателям качества дизельного топлива относятся: воспламеняемость, испаряемость, плотность, вязкость, фракционный состав, а также низкотемпературные и экологические свойства [3].

Цетановое число – характеристика воспламеняемости дизельного топлива, определяющая период задержки горения рабочей смеси (промежуток времени от впрыска топлива в цилиндр до начала его горения). Чем выше цетановое число, тем меньше задержка и тем более спокойно и плавно горит топливная смесь.

Цетановое число численно равно объемной доле цетана ($C_{16}H_{34}$, гексадекана), цетановое число которого принимается за 100, в смеси с α -метилнафталином (цетановое число которого, в свою очередь, равно 0), когда эта смесь имеет тот же период задержки воспламенения, что и испытуемое топливо в тех же условиях.

Плотность топлива – это количество его массы в килограммах, которое помещается в одном кубическом метре. Данная величина не постоянная и зависит от температуры дизельного топлива.

Вязкость – это свойство жидкого топлива оказывать сопротивление перемещению его частиц под действием внешних сил. Вязкость – один из основных показателей топлива, определяющий качество его распыления в камере сгорания. Марка топлива характеризуется кинематической вязкостью. Единица кинематической вязкости – $мм^2/с$ (вязкость $1 мм^2/с$ имеет

дистиллированная вода при 293 К). При повышении температуры вязкость топлив уменьшается, поэтому всегда указывают температуру, при которой вязкость определялась.

Температура вспышки – наименьшая температура летучего конденсированного вещества, при которой пары над поверхностью вещества способны вспыхивать в воздухе под воздействием источника зажигания, однако устойчивое горение после удаления источника зажигания не возникает. Вспышка – быстрое сгорание смеси паров летучего вещества с воздухом, сопровождающееся кратковременным видимым свечением. Температуру вспышки следует отличать как от температуры воспламенения, при которой горючее вещество способно самостоятельно гореть после прекращения действия источника зажигания, так и от температуры самовоспламенения, при которой для инициирования горения или взрыва не требуется внешний источник зажигания.

Низкотемпературные свойства дизельного топлива включают в себя температуру помутнения, предельную температуру фильтруемости (ПТФ) и температуру застывания топлива.

Температура помутнения – максимальная температура, при которой в топливе появляется фазовая неоднородность, топливо начинает мутнеть вследствие выделения микроскопических капелек воды, микрокристаллов льда или углеводородов. Применять топливо можно только до его помутнения.

Температура застывания – температура, при которой топливо в стандартных условиях теряет подвижность (в наклонной под углом 45° пробирке уровень топлива остается неподвижным в течение 1 мин). Застывание топлива связано с кристаллизацией растворенного в нем парафина. Поэтому температура застывания зависит от химического состава топлива. В эксплуатации температуру застывания учитывают при хранении топлива, выборе режима подогрева и перекачке топлива.

Предельная температура фильтруемости – это температура, при которой топливо после охлаждения в определенных условиях перестает

проходить через фильтр или продолжительность фильтруемости 20 см^3 топлива превышает 60 секунд.

Фракционный состав нефтепродукта характеризует его эксплуатационные характеристики, такие как, испаряемость, способность к смесеобразованию в двигателе, образование нагара и отложений при сгорании. Фракционный состав характеризуется либо долей отгона фракции до заданной температуры, либо температурой выкипания определенных объемов фракций.

Дизельные топлива в России производятся согласно различным стандартам. Наиболее общими стандартами, согласно которым дизельное топливо выпускается в России, являются ГОСТ 305-2013 «Топливо дизельное. Технические условия» [5] и Технический регламент Таможенного союза «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и мазуту» [6]. Так же существуют более узкие стандарты на выпуск дизельного топлива. Для топлива производимого на экспорт это ГОСТ Р 52368-2005 (ЕН 590:2009) «Топливо дизельное ЕВРО. Технические условия» [7], а для депарафинизированного топлива – ГОСТ Р 55475-2013 «Топливо дизельное зимнее и арктическое депарафинированное. Технические условия» [8]. Все описанные выше стандарты предъявляют жесткие требования к физико-химическим свойствам и эксплуатационным характеристикам дизельного топлива.

В зависимости от климатических условий дизельное топливо подразделяют на марки [5]:

- Л – летнее, рекомендуемое для эксплуатации при температуре окружающего воздуха минус 5°C и выше;
- Е – межсезонное, рекомендуемое для эксплуатации при температуре окружающего воздуха минус 15°C и выше;
- З – зимнее, рекомендуемое для эксплуатации при температуре окружающего воздуха до минус 25°C ;
- А – арктическое, рекомендуемое для эксплуатации при температуре окружающего воздуха минус 45°C и выше.

В зависимости от марки топлива предъявляются различные требования к его низкотемпературным свойствам. Однако из всех низкотемпературных свойств только предельная температура фильтруемости топлива нормируется всеми стандартами, это объясняется тем, что именно этот показатель характеризует возможность использования топлива в двигателе. Так согласно [6] ПТФ арктического топлива должна быть не выше минус 38 °С, зимнего не выше минус 20 °С, межсезонного не выше 15 °С для летнего топлива ПТФ не определяется. Согласно же [5] ПТФ арктического топлива должна быть не выше минус 45 °С, зимнего находится в пределах от минус 25 °С до минус 35 °С, межсезонного быть не выше 15 °С, а летнего не выше минус 5 °С. Стандарт для топлив, производимых на экспорт [7] дополнительно делит зимние и арктические марки топлива на классы от 0 до 4. Требования к ПТФ при этом для класса 0 не выше минус 20 °С, для класса 1 не выше минус 26 °С, для класса 2 не выше минус 32 °С, для класса 3 не выше минус 38 °С, для класса 4 не выше минус 44 °С. Самой низкой ПТФ должно обладать дизельное топливо марки А-52 производимое по стандарту [8].

Мерой воспламеняемости дизельного топлива является цетановое число. Цетановое число дизельного топлива согласно [6] для топлив 3, 4, 5 экологических классов должно быть не менее 51 пункта для летнего топлива и не менее 47 пунктов для зимнего топлива. Согласно [5], значение цетанового числа для любой марки топлива должно быть не менее 45 пунктов, а согласно [7] не менее 51 пункта, однако для зимних и арктических марок в зависимости от класса топлива цетановое число может находиться в пределах от 49 до 47 пунктов.

Требования, предъявляемые к фракционному составу дизельного топлива согласно [5-8] следующие: 95% об. топлива должны перегоняться при температуре не выше 360 °С.

Массовая доля серы в топливе согласно [5-8] должна составлять не более 350 мг/кг для 3-го экологического класса, не более 50 мг/кг для 4-го экологического класса и не более 10 мг/кг для 5-го экологического класса.

Плотность топлива при 15 °С для марки Л должна быть не более 863,4 кг/м³, для марки Е не более 863,4 кг/м³, для марки З не более 843,4 кг/м³, для марки А не более 833,5 кг/м³ [5]. Согласно [7] плотность топлива при 15 °С должна находиться в пределах 820-845 кг/м³, а согласно [8] в пределах 800-855 кг/м³.

1.3 Производство дизельных топлив

Дизельные топлива по сравнению с автомобильными бензинами имеют менее сложный состав. Товарные топлива, как правило, получают смешением нескольких потоков и присадок. Ниже рассмотрим наиболее распространённые компоненты дизельных топлив.

Прямогонные дизельные фракции составляют основу товарных топлив. Их цетановые числа, в зависимости от фракционного состава, в отдельных случаях достигают 60 пунктов (обычно до 50). Что касается содержания серы, то при перегонке сернистых нефтей оно составляет 0,8-1,0 % мас., а малосернистых — превышает 0,5 % мас. При современных экологических требованиях необходима гидроочистка прямогонных дизельных фракций. Низкотемпературные свойства прямогонных фракций, как собственно и фракций других процессов, их вязкость, температура вспышки и плотность зависят от фракционного состава и в обычных пределах соответствуют требованиям на дизельные топлива.

Фракции гидрокрекинга являются отличными компонентами, характеризующимися малым содержанием серы и высоким цетановым числом (48-50 пунктов).

Фракции каталитического крекинга характеризуются очень низкими цетановыми числами (20-30 пунктов) из-за наличия в них большого количества ароматических соединений. По этой же причине у них отличные низкотемпературные свойства, но сравнительно высокая плотность.

Фракции термических процессов без серьезного облагораживания в товарные дизельные топлива вовлекаться не могут. Они содержат большое количество непредельных и ароматических углеводородов и вследствие этого

отличаются плохой термоокислительной стабильностью и низкими цетановыми числами. Из тяжелого сырья, которое и перерабатывается в термических процессах, в них переходит большое количество гетероатомных и смолистых соединений. Вместе с тем надо отметить, что термические процессы рассматриваются как перспективные для переработки тяжелого сырья и повышения глубины переработки нефти

Депарафинизат. Получают в ходе процесса гидрокаталитической депарафинизации который предназначен для снижения температуры застывания нефтепродуктов, прежде всего дизельных топлив и смазочных масел. Снижение температуры застывания нефтепродуктов достигается путем селективного гидрокрекинга и гидроизомеризации нормальных парафиновых углеводородов на специально разработанных селективных катализаторах [3].

В зависимости от выпускаемой марки топлива для его производства используются различные компоненты. Летнее и межсезонное дизельное топливо получается смешением прямогонных, гидроочищенных и вторичного происхождения углеводородных фракций с температурой выкипания 180-360 °С.

Зимнее дизельное топливо получается смешением прямогонных, гидроочищенных и вторичного происхождения углеводородных фракций с температурой выкипания 180-340 °С. Также зимнее дизельное топливо получается из летнего дизельного топлива добавлением присадок, улучшающих низкотемпературные свойства.

Арктическое дизельное топливо получается смешением прямогонных, гидроочищенных и вторичного происхождения углеводородных фракций с температурой выкипания 180-320 °С. Пределы выкипания арктического топлива примерно соответствуют пределам выкипания керосиновых фракций, поэтому данное топливо – по сути утяжеленный керосин. Однако чистый керосин имеет низкое цетановое число 35-40 пунктов и недостаточные смазывающие свойства. Для устранения данных проблем в арктическое топливо добавляют цетаноповышающие присадки и небольшое количество

минерального моторного масла для улучшения смазывающих свойств. Более дорогой способ получения арктического дизельного топлива – депарафинизация летнего дизельного топлива.

1.4 Присадки для дизельных топлив

Постоянное ужесточение требований к качеству производимого топлива вынуждает производителей искать все новые способы его улучшения. Наиболее простым и экономически выгодным способом улучшения каких-либо характеристик топлива является использование присадок и добавок.

Наибольшее распространение в настоящее время получили следующие виды присадок: цетаноповышающие присадки (промоторы воспламенения), противоизносные (смазывающие) присадки, присадки, улучшающие низкотемпературные характеристики дизельных топлив (депрессоры, диспергаторы, депрессорно-диспергирующие присадки) и многофункциональные (моющие) присадки [3].

1.4.1 Цетаноповышающие присадки

При необходимости повышения цетанового числа дизельных топлив на практике часто применяют цетаноповышающие присадки. Наиболее простыми и распространёнными являются присадки на базе алкилнитратов (изопропил-, амил- или циклогексил нитраты и их смеси). Их добавляют преимущественно к зимним и арктическим сортам топлива, получаемым за счет удаления н-парафинов, и низкоцетановым топливам, получаемым, например, на базе газойлей каталитического крекинга [3]. Недостатком использования таких присадок является увеличение коксуемости топлива [10]. За последние годы проведено много работ, в результате которых было найдено значительное количество новых присадок. Из различных групп соединений, подвергавшихся исследованиям и проверке, наиболее эффективными оказались нитраты (изопропилнитрат, амилнитрат, циклогексилнитрат), пероксиды (ди-третбутилпероксид, гидропероксид изопропилбензола, этилизопропилфенилпероксид), а также некоторые нитросоединения и нитриты [11, 12].

Известно [12], что дизельные топлива, так же как и бензины, имеют разную приемистость к присадкам. Причем топлива, полученные путем крекирования, как правило, повышают цетановое число несколько ниже, чем прямогонные топлива [13].

Механизм действия цетаноповышающих присадок заключается в ускорении предпламенных реакций, способствовании разветвлению окислительных цепей и образованию новых реакционных центров вследствие замены первичной реакции разложения углеводорода топлива более выгодной в энергетическом отношении реакцией разложения присадки [3].

1.4.2 Смазывающие присадки

Значительное влияние на смазывающие свойства топлива оказывает присутствие в топливе поверхностно-активных веществ, природных гетероатомных соединений. Так, многие сернистые соединения, содержащиеся в дизельном топливе – сульфиды и бензотиофены, характеризуются высокими противоизносными свойствами [14].

С ужесточением требований по содержанию серы (для топлив 5-го экологического класса не более 10 мг/кг [6]) обеспечить необходимую смазывающую способность топлива стало невозможно без применения присадок.

Для предотвращения износа деталей топливной системы в дизельные топлива вводят смазывающие присадки. Однако стоит отметить, что различные углеводороды, входящие в состав дизельного топлива сами являются своеобразным смазочным материалом. Поэтому можно утверждать, что противоизносные свойства топлива до введения присадок определяются не только содержанием сернистых соединений, но и групповым углеводородным составом топлива [15, 16], прежде всего, присутствием нафтеновых углеводородов, а смазывающая способность ароматических углеводородов дизельного топлива ухудшается в ряду: трициклические, бициклические, моноциклические [17].

1.4.3 Низкотемпературные присадки для дизельных топлив

Одними из основных недостатков дизельных топлив являются их низкотемпературные свойства, приводящие к трудностям запуска дизельных двигателей в зимнее время. Немаловажным так же является то, что в России существует дефицит зимних сортов дизельных топлив. Поэтому в условиях Российского климата наибольшее значение имеют присадки, улучшающие низкотемпературные свойства дизельных топлив. При этом использование присадок не является универсальным способом, так как зачастую существует необходимость подбора индивидуальных присадок к каждой отдельной партии топлива [18, 19].

1.4.3.1 Депрессорные присадки

Основной целью использования депрессорных присадок является снижение температуры застывания и предельной температуры фильтруемости дизельных топлив. Как правило, депрессорные присадки вводятся в дизельное топливо на завершающей стадии производства для доведения характеристик топлива до требуемых стандартов, но современные присадки могут быть использованы и конечным потребителем для самостоятельного улучшения низкотемпературных свойств топлива, когда это необходимо.

Работы в направлении создания депрессорных присадок к дизельным топливам начались с середины 60-х годов 20-го столетия. Столь позднее обращение исследователей к данной проблеме объясняется тем, что депрессорные присадки, существенно снижая температуру застывания топлива, практически не влияют на температуру его помутнения. Вместе с тем именно, температура помутнения долгое время считалась основным критерием в определении пригодности топлив к применению в зимнее время. Лишь после того, как было установлено, что не температура помутнения, а такие показатели, как температура текучести и прокачиваемости топлива, предельная температура фильтруемости, являются определяющими в решении вопроса использования топлив при низких температурах, стали интенсивно развиваться исследования по синтезу депрессорных присадок для дизельных топлив [20].

Влияние депрессорных присадок только на предельную температуру фильтруемости и температуру застывания дизельных топлив объясняется механизмом действия этих присадок. Действие депрессорных присадок сводится к их влиянию на процессы кристаллизации и структурообразования твердых, в первую очередь, парафиновых углеводородов. Наиболее распространены следующие представления о механизме действия присадок: адсорбция присадок на кристаллах парафина, совместная кристаллизация депрессоров с молекулами присадок, взаимодействие присадок с твердыми углеводородами с образованием ассоциированных комплексов [21].

Известные в настоящее время депрессорные присадки к дизельным топливам по их химической природе можно классифицировать следующим образом [20]:

- сополимеры этилена с полярными мономерами (сополимеры этилен-винилацетата и их композиции, тройные сополимеры на основе этилена и винилацетата, сополимеры этилена с другими полярными мономерами);
- продукты полиолефинового типа (сополимеры этилен-пропилена, этилен-пропилен-диена и продукты их деструкции, сополимеры α -олефинов, модифицированные полиолефины);
- полиметакрилатные присадки (полиалкил(мет)акрилаты, сополимеры алкил(мет)акрилатов);
- химические вещества неполимерного типа (алкилнафталины; эфиры многоатомных кислот и спиртов; амиды, содержащие длинные алкилы).

При подборе депрессоров следует учитывать, что их эффективность зависит от природы топлива (фракционного состава, содержания различных групп углеводородов и т.д.).

Поэтому для каждого нефтеперерабатывающего завода (НПЗ) фактически выбирается индивидуальный депрессор из обширного ассортимента, предлагаемого зарубежными фирмами. Применение депрессорных присадок позволило разработать в России особые марки дизельных топлив, получаемые введением депрессора в летнее топливо. Это

частично решило проблему обеспечения страны топливом, пригодным для работы при низких температурах [3].

1.4.3.2 Диспергирующие присадки

При всех положительных аспектах применения депрессорных присадок, их существенным недостатком является нестабильность в дизельном топливе.

При длительном хранении топлив образовавшиеся мелкие ассоциированные кристаллы депрессора и парафинов седиментируют и в резервуаре, где топливо хранится, образуются два слоя: верхний – светлый, и нижний – мутный, обогащенный парафинами. Оба слоя подвижны, но при отборе топлива из нижнего слоя двигатель работает с перебоями. Проблему решают специальные присадки – диспергаторы, или антиосадители парафинов. Эффект от их применения заключается в образовании очень мелких кристаллов парафинов с большой седиментационной устойчивостью [22]. Особое значение диспергаторы парафинов имеют в странах с большой продолжительностью холодного времени года. Поэтому в России применение композиций депрессоров и диспергаторов парафинов является настоятельно рекомендуемым. За рубежом разработан довольно широкий ассортимент диспергаторов [23], которые могут являться как отдельным товарным продуктом, так и в сочетании с депрессорами. Присадки такого рода, в которых компаундированы депрессор с диспергатором получили название депрессорно-диспергирующие композиции.

В качестве диспергаторов парафинов могут выступать высокомолекулярные амиды и имида карбоновых кислот, четвертичные аммониевые соли и амины типа полиалкиленполиаминов [24], имеются разработки диспергаторов на основе резолов, полученных из алкилфенолов с длинной углеводородной цепью нормального строения [25]. Однако точный состав и технология производства диспергаторов парафинов компаниями производителями не раскрывается [26].

2 ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Образцы дизельного топлива и низкотемпературные присадки

В качестве объекта исследования в данной работе были выбраны образцы прямогонных дизельных топлив и депрессорно-диспергирующие присадки для дизельного топлива.

Выбор именно прямогонных дизельных топлив, а не дизельных топлив вторичных процессов обусловлен их свойствами и составом. Прямогонные дизельные топлива, как правило, характеризуются плохими низкотемпературными свойствами и высоким содержанием парафиновых углеводородов. Согласно [6], предельная температура фильтруемости не летних сортов дизельного топлива должна находиться в пределах от минус 15 °С до минус 38 °С, в то время как предельная температура фильтруемости прямогонных дизельных топлив обычно не превышает минус 10-12°С.

Таблица 2.1 – Состав низкотемпературных присадок и рекомендации производителя

Характеристика	Присадка		
	А	В	С
Состав	Сополимеры этилена, виниловый эфир, акрилаты, комплекс этиленгликолей	Лигроин, винилацетат, нафталин, этилбензол	Углеводороды C ₁₀ -C ₁₃ , парафины, ароматические углеводороды, циклоалканы, нафталин
Рекомендации производителя	Использование 1 мл присадки на 1 л топлива понижает температуру застывания для летнего топлива до -22 °С, для зимнего до -47 °С	Использование 150 мл присадки на 65 л топлива понижает ПТФ до -36 °С, температуру застывания до -40 °С	Использование 150 мл присадки на 50 л топлива понижает температуру застывания до -31 °С

Для проведения исследований были отобраны шесть образцов прямогонного дизельного топлива. Образцам были присвоены численные шифры от 1 до 6.

Кроме того для исследования были закуплены три вида депрессорно-диспергирующих присадок для дизельного топлива. Присадкам были присвоены буквенные шифры. Кодировка присадок, а также их краткое описание представлены в Таблице 2.1.

2.2 Методика определения цетанового индекса дизельных топлив

Экспериментальное определение цетанового числа является многостадийным и трудоемким процессом, который требует определенных навыков, специального оборудования, а так же временных и денежных затрат. Однако согласно [27] цетановое число может быть рассчитано как цетановый индекс. Цетановый индекс это приближенное значение цетанового числа дистиллятного дизельного топлива без повышающих цетановое число присадок, вычисленное на основании плотности топлива и его фракционного состава.

Согласно [28] наиболее точным методом расчета цетанового индекса является метод, представленный в ISO 4264 «Petroleum products – Calculation of cetane index of middle-distillate fuels by the four variable equation» [29]. Данный метод расчета и будет использоваться в дальнейшем.

Сущность метода состоит в определении плотности нефтепродуктов при температуре 15 °С согласно действующим стандартам; температур, при которых отгоняется 10 об. %, 50 об. % и 90 об. % исследуемой пробы и последующем расчете цетанового индекса по полученным данным.

Расчет цетанового индекса проводится по приведенному ниже уравнению, с использованием экспериментально полученных величин:

$$\begin{aligned} ЦИ = & 45,2 + 0,0892 \cdot T_{10N} + (0,131 + 0,901B) \cdot T_{50N} + \\ & + (0,0523 - 0,42B) \cdot T_{90N} + [0,00049 \cdot (T_{10N}^2 - T_{90N}^2)] + 107B + 60B^2; \\ T_{10N} = & T_{10\%} - 215; T_{50N} = T_{50\%} - 260; T_{90N} = T_{90\%} - 310; \\ B = & [\exp(-0,0035 \cdot D_N)] - 1; D_N = D - 850. \end{aligned} \quad (2.1)$$

где ЦИ – цетановый индекс, пункты; $T_{10\%}$, $T_{50\%}$, $T_{90\%}$ – температура кипения 10%, 50%, 90%-ной (по объему) фракции, °С; D – плотность топлива при 15 °С, кг/м³ [29].

2.3 Методики определения низкотемпературных свойств дизельных топлив

Наиболее важной группой свойств дизельных топлив в условиях Российского климата являются низкотемпературные свойства. Низкотемпературные свойства представлены температурой помутнения, предельной температурой фильтруемости и температурой застывания.

Температура помутнения определяется согласно ГОСТ 5066-91 «Топлива моторные. Методы определения температуры помутнения, начала кристаллизации и кристаллизации» [30].

Сущность метода определения температуры помутнения заключается в следующем: во внутреннюю часть стеклянной пробирки с двойными стенками наливают испытуемое топливо до высоты метки. Затем пробирку закрывают корковой пробкой с термометром и мешалкой (Рисунок 2.1). Термометр вставляют так, чтобы его ртутный резервуар находился в пробирке на расстоянии 15 мм от дна и на равном расстоянии от стенок. Пробирку с испытуемым образцом вставляют в охлаждающий сосуд и постепенно понижают температуру охлаждающей смеси. За 5 °С до ожидаемой температуры помутнения пробирку вынимают из охлаждающей смеси, быстро протирают ее снаружи спиртом и далее проводят наблюдение помутнения испытуемого топлива. При наличии хорошего проходящего света пробирку с испытуемым образцом топлива устанавливают в штатив для пробирок – рядом с прозрачным эталоном. Определение помутнения проводят методом сравнения с эталонным образцом топлива. Если топливо по сравнению с прозрачным эталоном не изменилось, процедуру охлаждения повторяют, дальнейшее наблюдение проводят через каждый градус. Сравнительные наблюдения с прозрачным эталоном проводят до тех пор, пока топливо не станет отличаться от эталона, т.е. когда в нем появится муть [30].

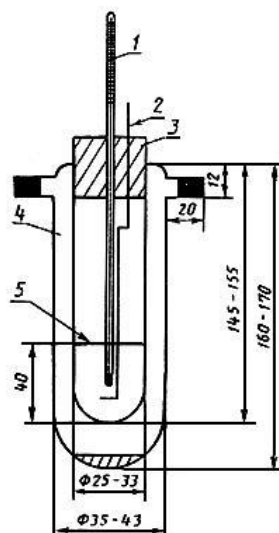


Рисунок 2.1 – Пробирка с двойными стенками, мешалкой и термометром

1 – термометр; 2 – мешалка; 3 – корковая пробка; 4 – пробирка; 5 – кольцевая метка

Предельная температура фильтруемости дизельного топлива определяется в соответствии с ГОСТ EN 116-2013 «Топлива дизельные и печные бытовые. Метод определения предельной температуры фильтруемости» [31]. Сущность метода заключается в следующем: образец топлива охлаждают и набирают в пипетку под регулируемым вакуумом через стандартизованный проволочный сетчатый фильтр. Продолжая охлаждать топливо, эту процедуру повторяют с интервалами 1 °С. Испытание продолжают до температуры, при которой количество кристаллов парафина, выделившееся из раствора, замедляет протекание топлива так, что время заполнения пипетки превышает 60 секунд. Температуру, при которой топливо в последний раз прошло фильтрование принимают как предельную температуру фильтруемости топлива на холодном фильтре. Схема аппарата для определения предельной температуры фильтруемости представленная на Рисунке 2.2.

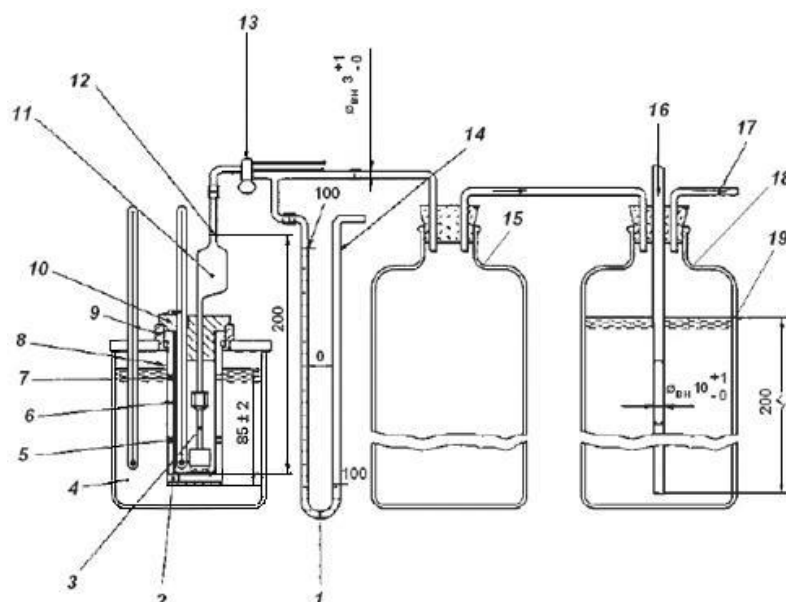


Рисунок 2.2 – Аппарат для определения предельной температуры
фильтруемости в сборе

- 1 – вода; 2 – изоляционное кольцо; 3 – комплект фильтра; 4 – охлаждающая баня;
5, 7 – прокладка; 6 – испытательный сосуд; 8 – кожух; 9 – поддерживающее кольцо;
10 – пробка; 11 – пипетка; 12 – метка; 13 – двухходовый запорный кран; 14 – манометр с U-
образной трубкой; 15 – дополнительный вакуумный резервуар вместимостью 5 дм³;
16 – вентиляционная трубка; 17 – к источнику вакуума; 18 – вакуумный резервуар;
19 – уровень воды

Основной причиной застывания дизельного топлива является кристаллизация растворенного в нем парафина. Как эксплуатационная характеристика температура застывания очень важна при хранении и перекачке топлива. Температуру застывания определяют согласно ГОСТ 20287-91 «Нефтепродукты. Методы определения температур текучести и застывания» [32]. Методика определения температуры застывания дизельного топлива заключается в следующем: обезвоженный образец топлива наливают в сухую чистую стеклянную пробирку до метки так, чтобы он не растекался по стенкам пробирки. В пробирку при помощи корковой пробки плотно вставляют термометр, укрепляя его так, чтобы он проходил по оси пробирки, а его резервуар находился на расстоянии 8-10 мм от дна пробирки. Собранный пробирку помещают в сосуд с охлаждающей смесью (схема прибора в сборе представлена на Рисунке 2.3). Когда продукт в пробирке примет температуру,

намеченную для определения застывания, пробирку наклоняют под углом 45° и, не вынимая из охлаждающей смеси, держат в таком положении в течение 1 мин.

После этого пробирку вынимают из охлаждающей смеси, быстро вытирают и наблюдают, не сместился ли мениск испытуемого продукта. Если мениск сместился, то проводят новое определение застывания до тех пор, пока при некоторой температуре мениск не будет смещаться. После нахождения границы застывания (переход от подвижности к неподвижности или наоборот) определение повторяют, понижая или повышая температуру испытания на 2°C до тех пор, пока не будет установлена такая температура, при которой мениск продукта остается неподвижным, а при повторном испытании при температуре на 2°C выше он сдвигается. Эту температуру фиксируют, как установленную температуру застывания [32].

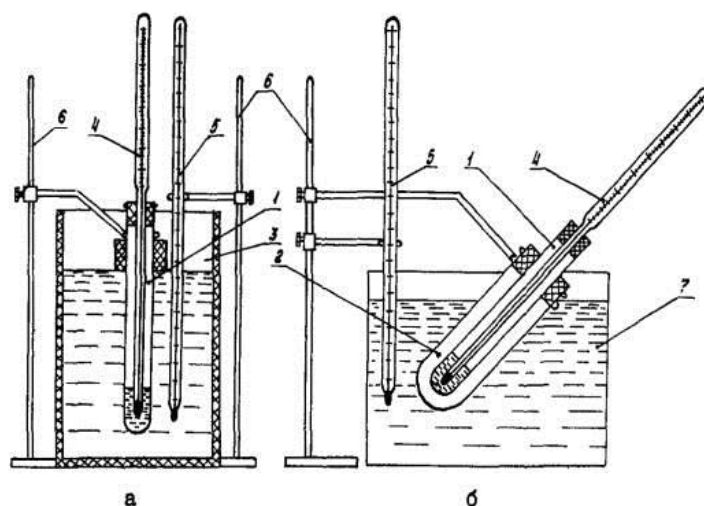


Рисунок 2.3 – Схема прибора для определения температуры застывания нефтей и нефтепродуктов

- 1 – пробирка химическая со сферическим дном с кольцевой меткой;
- 2 – пробирка-муфта со сферическим дном; 3 – сосуд для охлаждающей смеси;
- 4 – термометр ртутный; 5 – термометр для измерения температуры в сосуде с охлаждающей смесью; 6 – штативы с держателями; 7 – охлаждающий агент

2.4 Методики определения плотности и вязкости дизельных топлив

Существуют несколько методов определения плотности нефтепродуктов:

- Определение плотности с помощью ареометра;
- Определение плотности с помощью пикнометра;
- Определение плотности с помощью вискозиметра Штабингера.

Определение плотности с помощью ареометра. Сущность данного метода определения плотности заключается в погружении откалиброванного ареометра в испытуемый нефтепродукт. Показания по шкале ареометра при температуре определения принимают за плотность. В случае необходимости определения плотности при другой температуре плотность пересчитывают по следующей формуле:

$$\rho_4^{20} = \rho_4^t + \nu(t - 20) \quad (2.2)$$

где ρ_4^t – относительная плотность при температуре анализа, кг/м³; ρ_4^{20} – относительная плотность при 20 °С, кг/м³; ν – средняя температурная поправка плотности на 1 °С; t – температура, при которой проводится анализ, °С.

Определение плотности с помощью пикнометра. Данный метод определения плотности основан на вычислении отношения массы исследуемого нефтепродукта к массе воды, при этом нефтепродукт и вода берутся в равных объемах и термостатируются при одинаковой температуре. За единицу массы при проведении испытания принимается масса 1 см³ воды при температуре 4 °С.

Определение плотности с помощью вискозиметра Штабингера. Для определения плотности с помощью вискозиметра Штабингера в аппарате предусмотрена специальная ячейка для измерения плотности осцилляционным методом. Измерение плотности осцилляционным методом основано на зависимости частоты колебаний U-образной трубки от плотности жидкости или газа внутри неё – принцип «камертона».

Вязкость нефтепродуктов в лабораторных условиях, как правило, определяется двумя способами:

- Определение вязкости с помощью вискозиметра;
- Определение вязкости с помощью вискозиметра Штабингера.

Определение вязкости с помощью вискозиметра. Сущность метода заключается в измерении с помощью стеклянного капиллярного вискозиметра времени, за которое определенный объем испытуемого нефтепродукта истекает под влиянием сил тяжести. Кинематическая вязкость вычисляется как произведение постоянной вискозиметра и измеренного времени истечения нефтепродукта. Динамическая вязкость рассчитывается как произведение кинематической вязкости и плотности нефтепродукта при одной и той же температуре. Схема установки для определения вязкости нефтепродуктов в сборе представлена на Рисунке 2.4.

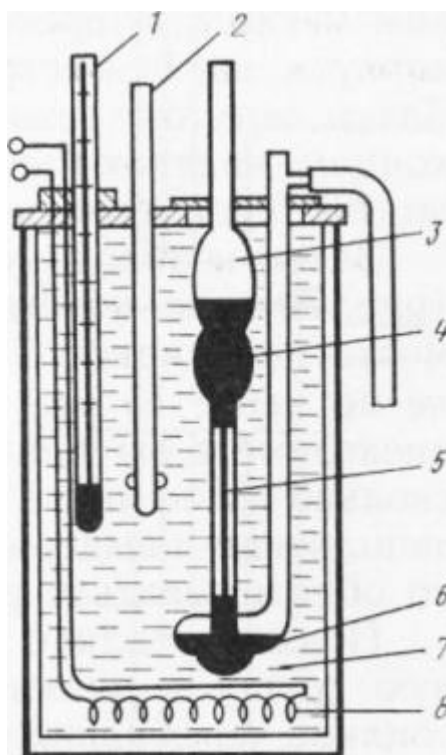


Рисунок 2.4 – Схема установки для определения вязкости нефтепродуктов

1 – термометр; 2 – мешалка; 3, 4, 6 – расширения вискозиметра;

5 – капилляр вискозиметра; 7 – термостат (баня); 8 – электроподогреватель

Определение вязкости с помощью вискозиметра Штабингера.

Принцип работы прибора следующий: специальная трубка, заполненная

образцом нефтепродукта, вращается с определенной постоянной угловой скоростью. В образце находится цилиндрический полый ротор, а внутри ротора – постоянный магнит. С помощью специального железного кольца ротор центрируется. При вращении трубки происходит взаимное смещение слоев жидкости, и ротор начинает, вращаться. Присутствие в системе магнита, обеспечивает наличие переменного магнитного поля, которое приводит к появлению вихревых токов в медном корпусе. Именно за счет этих токов и происходит торможение ротора (в отсутствии магнита внешняя трубка и ротор вращались бы с одинаковой скоростью). Сила торможения в состоянии равновесия постоянна и ей препятствует только вязкость испытуемой жидкости. Таким образом, измерив разницу скоростей вращения внешней трубки и ротора, можно определить динамическую вязкость [33].

В данной работе определение плотности осуществлялось с помощью ареометра согласно ГОСТ 3900-85 «Нефть и нефтепродукты. Методы определения плотности» [34]. Вязкость испытуемых образцов определялась с помощью вискозиметра, при температуре 20 °С согласно ГОСТ 33-2000 «Нефтепродукты. Прозрачные и непрозрачные жидкости. Определение кинематической вязкости и расчет динамической вязкости» [35].

2.5 Методика определения содержания серы в дизельных топливах

Определение серы в исследуемых образцах дизельного топлива проводилось в соответствии с ГОСТ 32139-2013 «Нефть и нефтепродукты. Определение содержания серы методом энергодисперсионной рентгенофлуоресцентной спектроскопии» [36]. Для определения использовался энергодисперсионный рентгенофлуоресцентный анализатор массовой доли серы в автомобильном топливе, а также в нефти и нефтепродуктах «Спектроскан S». Сущность метода заключается в следующем: образец исследуемого нефтепродукта помещают в аппарат, где он попадает под пучок лучей, испускаемых рентгеновской трубкой. При проведении испытания

измеряют результирующее возбужденное характеристическое рентгеновское излучение. Для получения значения общего содержания серы в % мас. или в мг/мг полученный сигнал сравнивают с сигналом счетчика импульсов, полученными при испытании заранее приготовленных калибровочных образцов, которые охватывают исследуемый диапазон концентраций: 0,0 % мас. – 0,1 % мас.; 0,1 % мас. – 1,0 % мас.; 1,0 % мас. – 5,0 % мас. [36].

2.6 Методы определения фракционного состава дизельных топлив

Фракционный состав нефтепродуктов определяется согласно ГОСТ 2177-99 «Нефтепродукты. Методы определения фракционного состава» [37]. Для проведения испытания 100 см³ испытуемого образца разгоняют на экспериментальной установке типа АРН. При этом в зависимости от вида анализа результаты определения фракционного состава можно представить как температуру, при которой отгоняется определённый объем фракции, либо наоборот объем фракции, который отгоняется до определенной температуры.

2.7 Методики определения группового и структурно-группового состава дизельных топлив

Определение группового состава нефтепродуктов устанавливает количественное содержание алканов, аренов, алкенов и циклоалканов в них. Групповой состав определяется проще, чем индивидуальный состав, однако в большинстве случаев групповой состав, дает достаточное понимание о свойствах исследуемого нефтепродукта.

Определение группового состава дизельной фракции можно разделить на пять этапов:

1. Разгонка образца на 50-ти градусные фракции.
2. Определение максимальных анилиновых точек 50-ти градусных фракций;
3. Деароматизация фракций методом адсорбционной хроматографии;
4. Определение анилиновых точек деароматизированной фракции методом равных объемов;

5. Обработка результатов и расчеты.

Разгонка образца на 50-ти градусные фракции. 100 см³ испытуемого образца разгоняют на экспериментальной установке типа АРН согласно методике описанной в разделе 2.6, отбирая при этом отдельно полученный дистиллят каждые 50 °С.

Определение максимальных анилиновых точек фракций.

Максимальную анилиновую точку (истинную критическую температуру растворения в анилине) получают после нескольких определений температуры растворения фракции в анилине при увеличении доли анилина в смеси. Температура полного растворения по мере добавления анилина повышается, затем при достижении определенного соотношения фракции и анилина достигает максимума, и начинает падать. За максимальную анилиновую точку принимают максимальную температуру полного растворения образца в анилине.

Деароматизация фракций методом адсорбционной хроматографии.

Жидкостная адсорбционная хроматография – это процесс, используемый для разделения жидких смесей сложного состава на пористых сорбентах. Основой процесса является различная сорбируемость компонентов смеси, зависящая от их химического состава и строения. Разделение на хроматографической колонке проводят, пропуская через нее исследуемую нефтяную фракцию, заполненную адсорбентом (силикагелем). Так как большей адсорбционной способностью по сравнению с алканами и циклоалканами обладают арены. Именно это свойство аренов и положено в основу адсорбционного метода их выделения. Десорбция адсорбированных продукты происходит при помощи жидкостей, которые обладают большей поверхностной активностью, чем адсорбированное вещество. Сущность этого этапа определения группового состава заключается в следующем: в заполненную силикагелем колонку заливают образец исследуемой фракции затем, когда, образец полностью впитается в силикагель, в адсорбционную колонку добавляют десорбирующую жидкость (этиловый спирт). Деароматизированный продукт собирают с низа

колонки в градуированные пробирки. Так как алкано-цикло-алкановая часть фракции адсорбируется силикагелем наименее прочно, первой будет выходить ненасыщенная часть фракции. Первую порцию отбирают объемом 0,5 мл, далее по 0,3 мл. В отобранных порциях фракции качественно определяют ароматические углеводороды по формалитовой реакции. На тонкий слой оксида алюминия последовательно друг на друга наносят пробу отобранной фракции, 30% раствор формалина и концентрированную серную кислоту. Изменение цвета пропитанного оксида алюминия говорит о наличии в отобранной порции нефтепродукта ароматических соединений.

Отбор десорбированного продукта из адсорбционной колонки прекращают при обнаружении в очередной пробе десорбата ароматических углеводородов. После чего, пробы, в которых ароматические соединения не были обнаружены, сливают и определяют для них анилиновую точку методом равных объемов.

Определение анилиновых точек деароматизированной фракции методом равных объемов. Для определения анилиновой точки методом равных объемов одинаковые объемы дероматизированной фракции и анилина смешивают и на водяной бане определяют температуру, при которой происходит их полное смешение. Полученную температуру принимают как анилиновую точку.

Обработка результатов и расчеты.

Содержание аренов A , % мас., в исследуемом образце рассчитывают по формуле:

$$A = K(T - T_0) \quad (2.3)$$

где $(T - T_0)$ – депрессия анилиновой точки, зависящая от содержания аренов, °С; K – анилиновый коэффициент.

Значение коэффициента K зависит от природы ароматических соединений, присутствующих в исследуемом образце, и их количества. Данные значения были экспериментально определены для разных фракций в зависимости от концентраций в них аренов. Данный коэффициент

соответствует такому содержанию аренов, которое вызывает понижение анилиновой точки деароматизированной фракции на 1 °С, значения коэффициента K приведены в Таблице 1 Приложения 2.

Содержание циклоалканов H_1 , % мас., в деароматизированной фракции рассчитывают по формуле:

$$H_1 = K_1(T_1 - T) \quad (2.4)$$

где T_1 – максимальная анилиновая точка чистых парафиновых углеводородов, °С; K_1 – анилиновый коэффициент.

После деароматизации в исследуемой фракции остаются углеводороды двух классов – алканы и циклоалканы, анилиновая точка T_1 соответствует определенному соотношению этих углеводородов в алкано-циклоалкановой части фракций. Значения коэффициента K_1 и максимальной анилиновой точки чистых парафиновых углеводородов T_1 приведены в Таблице 2 Приложения 2.

Расчет содержания циклоалкановых углеводородов H , % мас., в исходной фракции производят по формуле:

$$H = \frac{H_1(100 - A)}{100} \quad (2.5)$$

Расчет содержания алканов $П$, % мас., производят по формуле:

$$П = 100 - (A + H) \quad (2.6)$$

Наибольшее распространение среди методов структурно-группового анализа получил метод $n - d - M$. Данный метод основан на определении показателя преломления, плотности и молекулярной массы. Метод $n - d - M$ позволяет составить представление о «средней» молекуле исследуемой фракции и дает возможность определить распределение углерода и содержание ароматических колец в углеводородах нефтяных фракций.

Содержание углерода, в парафиновых структурах полученное по результатам $n - d - M$ анализа включает в себя не только углерод чисто парафиновых молекул, но и углерод из алкильных радикалов циклических углеводородов. Недостатком метода $n - d - M$ является допущение, что все кольца в среднем содержат шесть атомов углерода. Кроме того, принимается,

что если число колец в молекуле больше одного, то все кольца в ней находятся в катаконденсированном состоянии. Таким образом, предполагается, что при каждом дополнительном кольце привносятся четыре атома углерода.

Для расчета структурно-группового состава фракций по методу $n - d - M$ необходимо экспериментально определить следующие характеристики исследуемой фракции:

1. Показатель преломления с точностью до $\pm 0,0001$ определяется на рефрактометре при $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ для жидких фракций.

2. Плотность с точностью $\pm 0,0002\text{ г/см}^3$ для жидких фракций определяется пикнометрическим методом при $20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

3. Молекулярная масса определяется с погрешностью $\pm 3\%$.

Молекулярная масса определялась с помощью установки КРИОН-1, предназначенной для определения молекулярной массы веществ методом криоскопии. Принцип действия установки КРИОН-1 основан на измерении депрессии температуры – разницы температур кристаллизации чистого растворителя (бензола) и раствора испытуемого вещества, которая затем используется для расчета молекулярной массы испытуемого вещества.

4. Содержание в исследуемом продукте серы в % мас.; определяется ускоренным методом (метод энергодисперсионной рентгенофлуоресцентной спектроскопии), согласно методике представленной в разделе 2.5.

Далее вычисляют значения вспомогательных факторов V , W по формулам 2.7, 2.8, а затем в зависимости от их значения применяют ту или иную формулу для расчета распределения углерода по структурам и содержания колец.

$$V = 2,51(n - 1,4750) - (\rho - 0,8510) \quad (2.7)$$

$$W = (\rho - 0,8510) - 1,11(n - 1,4750) \quad (2.8)$$

Массовую долю углерода находящегося в ареновых кольцах C_{ap} , % мас., вычисляют по формуле:

$$\begin{aligned} \text{при } V > 0 \quad C_{ap} &= 430V + 3660 / M \\ \text{при } V < 0 \quad C_{ap} &= 670V + 3660 / M \end{aligned} \quad (2.9)$$

Содержание углерода в кольчатых структурах C_k , % мас. рассчитывают по формуле:

$$\begin{aligned} \text{при } W > 0 \quad C_k &= 820W - 3S + 10000 / M \\ \text{при } W < 0 \quad C_k &= 1440W - 3S + 10600 / M \end{aligned} \quad (2.10)$$

где S – массовая доля серы в исследуемой фракции, % мас.;

Массовую долю углерода в циклоалкановых структурах C_n , % мас. рассчитывают по формуле:

$$C_n = C_k - C_{ap} \quad (2.11)$$

Массовую долю углерода в алкильных заместителях $C_{ал}$, % мас. рассчитывают по формуле:

$$C_{ал} = 100 - C_k \quad (2.12)$$

Содержание колец в «средней молекуле» фракции рассчитывают по приведенным ниже формулам.

Число ареновых колец K_{ap} :

$$\begin{aligned} \text{при } V > 0 \quad K_{ap} &= 0,44 + 0,05MV \\ \text{при } V < 0 \quad K_{ap} &= 0,44 + 0,08MV \end{aligned} \quad (2.13)$$

Общее число колец K_o :

$$\begin{aligned} \text{при } W > 0 \quad K_o &= 1,33 + 0,146M(W - 0,005S) \\ \text{при } W < 0 \quad K_o &= 1,33 + 0,180M(W - 0,005S) \end{aligned} \quad (2.14)$$

Число циклоалкановых колец K_n :

$$K_n = K_o - K_{ap} \quad (2.15)$$

Также для определения содержания углерода в различных структурных элементах, а так же числа ареновых и циклоалкановых колец возможно использовать номограммы.

5 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

В условиях Российского климата при производстве дизельных топлив делается акцент на улучшение низкотемпературных свойств топлива, таких как температура помутнения, температура застывания и предельная температура фильтруемости. Значительной трудностью при производстве зимних и арктических марок дизельного топлива является варьирование состава топлива в зависимости от исходного сырья, что отражается на эффективности действия низкотемпературных присадок.

Целью данного исследования является:

- установить, как состав дизельного топлива влияет на эффективность действия низкотемпературных присадок;
- разработать рекомендации по подбору типа присадки и ее оптимальной концентрации.

Исследование имеет достаточно высокий коммерческий потенциал и является ресурсосберегающей технологией. Разработка рекомендаций по подбору типа присадки и ее оптимальной концентрации позволяет оптимизировать рецептуры производства дизельных топлив, разработать необходимые рецепты смешения и сэкономить дорогостоящие компоненты. Все это отражается на стоимости дизельного топлива, увеличивая его конкурентоспособность.

5.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Целью является определение перспективности и успешности научно–исследовательского проекта.

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

Продукт – методические рекомендации по использованию низкотемпературных присадок для производства дизельного топлива с улучшенными эксплуатационными характеристиками.

Сегменты рынка, на котором будет продаваться в будущем разработка: нефтеперерабатывающие заводы, станции смешения, научно-исследовательские организации.

5.2 Диаграмма Исикавы

С целью установления причинно-следственных связей, возникающих в ходе исследования влияния низкотемпературных присадок на эксплуатационные свойства дизельных топлив, сформирована диаграмма Исикавы. Основными факторами, влияющими на объект исследования, являются материалы, оборудование, исполнитель и методы исследования.

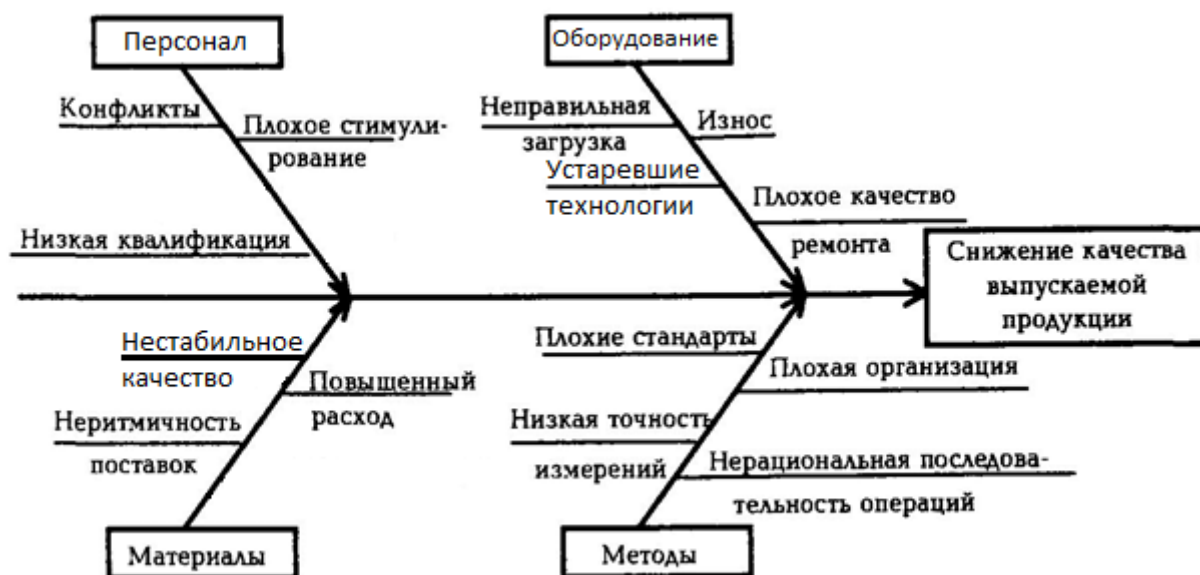


Рисунок 5.1 – Диаграмма Исикавы

5.3 Оценка готовности проекта к коммерциализации

В данном разделе была оценена степень готовности научной разработки к коммерциализации и определен уровень собственных знаний для ее проведения.

Для этого была составлена таблица, содержащая показатели о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика научного проекта. (Таблица 5.1)

**Таблица 5.1 – Бланк оценки степени готовности научного проекта к
коммерциализации**

№ п/п	Наименование	Степень проработанности	Уровень имеющихся знаний
1.	Определен имеющийся научно–технический задел	5	3
2.	Определены перспективные направления коммерциализации научно–технического задела	5	3
3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	5	4
4.	Определена товарная форма научно–технического задела для представления на рынок	5	4
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	3	5
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	4	3
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	2	3
8.	Разработан бизнес–план коммерциализации научной разработки	1	1
9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	3	3
10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	3	3
11.	Проработаны вопросы сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	1	3
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	3	4
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	3	3
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	5	4
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	4	4
	ИТОГО БАЛЛОВ	52	50

Суммарное значение баллов данной таблицы позволяет говорить о готовности научной разработки и ее разработчика к коммерциализации *выше среднего*.

5.4 Методы коммерциализации результатов научно–технического исследования

Для коммерциализации результатов проведенного научно–технического исследования наиболее целесообразно использовать следующие методы: *торговлю патентными лицензиями*, то есть, продажу разработки исследования третьим лицам; *организацию совместных предприятий*, работающих по схеме «российское производство – зарубежное распространение».

Использование торговли патентными лицензиями, позволяет прийти к сотрудничеству с зарубежными странами, что повысит эффективность исследования, так как будет, происходить технологический и научно–технический обмен, обмен опытом работы. При технологическом обмене происходит экономическое развитие страны и происходит развитие международных экономических отношений. Организация совместных предприятий позволит привлечь в страну передовые технологии, дополнительные материальные и финансовые ресурсы. Привлечение иностранного капитала в отечественную экономику расширит экспортную базу и рынок сбыта.

5.5 Инициализация проекта

Для определения нового проекта необходимо составление Устава проекта. В рамках магистерской работы предполагается наличие таких критериев, как цели и результаты проекта, организационная структура проекта, ограничения и допущения проекта (Таблицы 5.2 – 5.5).

Таблица 5.2 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидание заинтересованных сторон
Научное объединение направления (студенты, магистранты, аспиранты, преподаватели)	Освоение принципиально новой (для научной группы) области исследования; Коммерческое продвижение проекта; Развитие и укрепление связей с отраслью промышленности (производственные компании, заводы) в области совместных научных разработок.

Представители промышленности (компании, заводы)	Получение проекта, способствующего оптимизации, энерго- и ресурсосбережению действующего производства; Развитие и укрепление связей с научным объединением (университет) в области совместных научных разработок.
Университет, к которому относится научное объединение	Продвижение статуса учебного заведения, повышение научного престижа.
Научные объединения сторонние (конкурирующие)	Опасения в связи с появлением конкурентоспособного проекта.

Таблица 5.3 – Цели и результаты проекта

Цели проекта	Установить, как состав дизельного топлива влияет на эффективность действия низкотемпературных присадок; Разработка рекомендаций по подбору типа присадки и ее оптимальной концентрации.
Ожидаемые результаты проекта	Создание рекомендаций по применению присадок, позволяющих наиболее эффективно вести процесс производства дизельного топлива.
Критерии приемки результата проекта	Адекватность относительно действующего промышленного процесса; Универсальность разработанных рекомендаций.
Требование к результату проекта	Максимальное соответствие критериям приемки результата проекта

Таблица 5.4 – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функция	Трудозатраты, час.(за 1 год)
1	Киргина М.В. Доцент ОХИ ИШПР	Руководитель проекта	Координирование проекта, консультирование	50
2	Богданов И.А. магистрант ОХИ ИШПР	Исполнитель по проекту	Сбор и анализ литературных данных, выполнение научной работы	648
3	Криницына З. В.доцент, НИ ТПУ	Эксперт проекта	консультирование	2
4	Авдеева И.И. доцент, НИ ТПУ	Эксперт проекта	консультирование	2
5	Сыскина А. А. доцент, НИ ТПУ	Эксперт проекта	консультирование	2

Таблица 5.5 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
Бюджет проекта	221804, руб
Источник финансирования	ТПУ
Сроки проекта:	01.09.2017–31.05.2018
Дата утверждения плана управления проектом	01.09.2017
Дата завершения проекта	31.05.2018

5.6 Планирование управления научно-техническим проектом

В данном разделе необходимо составить перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, провести распределение исполнителей по видам работ.

5.6.1 План проекта

В рамках планирования научного проекта был построен календарный график проекта в виде таблицы (Таблица 5.6).

Таблица 5.6 – Календарный график проекта

Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников (ФИО ответственных исполнителей)
Литературный обзор по теме проекта	90	01.09.17	30.11.17	Богданов И.А.
Постановка цели и задач	10	01.12.17	10.12.17	Богданов И.А. Киргина М.В.
Разработка плана экспериментальных работ	21	11.12.17	31.01.18	Богданов И.А. Киргина М.В.
Подбор лабораторной посуды и оборудования	20	01.01.18	21.01.18	Богданов И.А.
Подбор прямогонных дизельных топлив	10	21.01.18	31.01.18	Киргина М.В.
Подбор присадок	28	01.02.18	28.02.18	Богданов И.А. Киргина М.В.
Проведение лабораторных испытаний	31	01.03.18	31.03.18	Богданов И.А.
Обсуждение результатов. Доработка экспериментальной части	30	01.04.18	30.04.18	Богданов И.А. Киргина М.В.

ВКР				
Оформление ВКР	31	01.05.18	31.05.18	Богданов И.А.

Так же была построена диаграмма Ганта для реализуемого проекта (Рисунок 5.2). Диаграмма Ганта – это тип столбчатых диаграмм (гистограмм), который используется для иллюстрации календарного плана проекта, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

График строится в виде таблицы с разбивкой по месяцам и декадам за период времени выполнения научного проекта. Выполняемые работы на диаграмме Ганта выделяются различными цветами в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу. В нашем случае работы выполняемые Исполнителем (магистрантом) обозначены черным цветом, а работы выполняемые Руководителем (научный руководитель) обозначены серым цветом.

Наименование работы	Участники	Длительность работы в календарных днях	Нарастание технической готовности	Удельный вес каждой работы	Продолжительность выполнения работ декады																										
					Сентябрь			Октябрь			Ноябрь			Декабрь			Январь			Февраль			Март			Апрель			Май		
					1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Литературный обзор по теме проекта	Исполнит.	90	15	15																											
Постановка цели и задач	Руковод.	10	20	5																											
	Исполнит.	10																													
Разработка плана экспериментальных работ	Руковод.	21	25	5																											
	Исполнит.	21																													
Подбор лабораторной посуды и оборудования	Исполнит.	20	35	10																											
Подбор прямогонных дизельных топлив	Руковод.	10	45	10																											
Подбор присадок	Руковод.	28	55	10																											
	Исполнит.	28																													
Проведение лабораторных испытаний	Исполнит.	31	85	30																											
Обсуждение результатов. Доработка экспериментальной части ВКР	Руковод.	10	90	5																											
	Исполнит.	30																													
Оформление ВКР	Исполнит.	31	100	10																											

Рисунок 5.2 – Диаграмма Ганта

5.7 Бюджет научного исследования

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения. В процессе формирования бюджета, планируемые затраты должны быть сгруппированы по статьям. В данном исследовании выделены следующие статьи:

1. Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты;
2. Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
3. Заработная плата;
4. Отчисления на социальные нужды и накладные расходы.

5.7.1 Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты

В эту статью включаются затраты на приобретение всех видов материалов, комплектующих изделий и полуфабрикатов, необходимых для выполнения работ по данной теме. Расчет стоимости материальных затрат производился по действующим прейскурантам и ценам с учетом НДС.

Результаты расчета затрат на сырье, материалы и покупные изделия в процессе проведения НИР представлены в Таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Расчет затрат по статье «Сырье и материалы»

Наименование	Марка, размер	Количество	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Дизельное топливо	–	10 л	43	430
Спирт этиловый	–	10 л	3700	3700
Депрессорная присадка	«Антигель +» XADO	1 шт	500	500
Депрессорная присадка	«Runway»	1 шт	250	250
Депрессорная присадка	«Diesel Flieb Fit» LIQUI MOLY	1 шт	750	750
Цилиндры мерные с носиком на 100 см ³		5 шт	200	1000
Пипетки, градуированные на 1 см ³		10 шт	75	750
Стаканы на 25, 50, 100 см ³		5 шт	50	250

Стеклянные палочки		10 шт	5	50
Стеклянные воронки		5 шт	50	250
Бутылки полиэтиленовые объемом 0,5 литра		50 шт	10	500
Колбы КРН		4 шт	400	1600
Перчатки		1 уп.	250	250
Шприцы		50 шт	10	500
Всего за материалы:				10780
Транспортно–заготовительные расходы (5%)				539
Итого по статье:				11319

5.7.2 Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

В данную статью включены все затраты, связанные с использованием специального оборудования, необходимого для проведения работ по теме исследования. В нашем случае, стоимость оборудования, используемого при выполнении научного проекта, учитывается в виде амортизационных отчислений, так как все необходимое оборудование уже имеется в организации. Результаты расчета амортизационных отчислений приведены в Таблице 5.8.

Таблица 5.8 – Расчет затрат по статье «Специальное оборудование для научных работ»

№, п/п	Наименование оборудования	Количество единиц оборудования, шт	Стоимость используемого оборудования, руб.	Период службы, год	Срок использования, дни	Амортизация оборудования, руб.
1	Дистиллятор для приготовления воды очищенной (Россия, ЧЗБТ)	1	35000	10	10	96
2	Криостат	1	308000	10	30	2532
3	Аппарат для разгонки нефтепродуктов	1	130000	10	20	712

4	Аппарат для определения ПТФ	1	177000	5	50	4849
5	Аппарат для определения содержания серы спектроскан-S	1	1180000	5	1	647
Итого по статье						8836

5.7.3 Основная заработная плата

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы оплаты труда. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы.

Таблица 5.9 – Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудо-емкость, чел.-дн.	Зарботная плата, приходящаяся на один чел.-дн., руб/день.	Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс. руб.
1	Литературный обзор по теме проекта	Исполнитель	90	61,8	16129,8
2	Постановка цели и задач	Исполнитель	10		
3	Разработка плана экспериментальных работ	Исполнитель	21		
4	Подбор лабораторной посуды и оборудования	Исполнитель	20		
5	Подбор присадок	Исполнитель	28		
6	Проведение лабораторных испытаний	Исполнитель	31		
7	Обсуждение результатов. Доработка экспериментальной части ВКР	Исполнитель	30		

8	Оформление ВКР	Исполнитель	31	963,3	76100,7
9	Постановка цели и задач	Руководитель	10		
10	Разработка плана экспериментальных работ	Руководитель	21		
11	Подбор прямогонных дизельных топлив	Руководитель	10		
12	Подбор присадок	Руководитель	28		
13	Обсуждение результатов. Доработка экспериментальной части ВКР	Руководитель	10		
					Итого: 92230,5

Статья заработной платы включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением проекта, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату.

$$C_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (5.1)$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата;

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата ($Z_{\text{осн}}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{раб}}, \quad (5.2)$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата одного работника;

$T_{\text{р}}$ – продолжительность работ, выполняемых научно–техническим работником, раб. дн.;

$Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}, \quad (5.3)$$

где $Z_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня $M=11,2$ месяца, 5–дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней $M=10,4$ месяца, 6–дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно–технического персонала, раб. дн.

Таблица 5.10 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Магистрант
Календарное число дней	273	273
Количество нерабочих дней при шестидневной рабочей неделе (выходные дни + праздничные дни)	52	52
Потери рабочего времени –отпуск –невыходы по болезни	0	0
Действительный фонд рабочего времени	221	221

За период с сентября 2017 по май 2018 количество дней: $30+31+30+31+31+28+31+30+31=273$. Согласно производственным календарям за 2017 и 2018 годы при шестидневной рабочей неделе количество выходных и праздничных дней: $4+5+5+5+11+5+5+5+7=52$. Таким образом, действительный фонд рабочего времени составляет 221 день.

Месячный должностной оклад работника:

$$З_m = (З_б \cdot (k_{пр} + k_d) + З_б) \cdot k_p, \quad (5.4)$$

где $З_б$ – базовый оклад, руб.;

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от $З_б$);

k_d – коэффициент доплат и надбавок ;

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Таблица 5.10 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$З_б$, руб	$K_{пр}$	K_d	K_p	$З_m$, руб	$З_{дн}$, раб.дн	$Тр$, раб.дн	$З_{осн}$, руб
Руководитель	28900	0,3	0,5	0,3	67626	963,3	79	76100,7
Исполнитель	1854	0	0	0,3	2410	61,8	221	13657,8

5.7.4 Дополнительная заработная плата научно–производственного персонала

В данную статью включается сумма выплат, предусмотренных законодательством о труде, например, оплата очередных и дополнительных отпусков; оплата времени, связанного с выполнением государственных и общественных обязанностей; выплата вознаграждения за выслугу лет и т.п. (в среднем – 12 % от суммы основной заработной платы).

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10–15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} \quad (5.6)$$

где $З_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной зарплаты;

$З_{\text{осн}}$ – основная заработная плата, руб.

В Таблице 5.11 приведена форма расчёта дополнительной заработной платы.

Таблица 5.11 – Заработная плата исполнителей НТИ

Заработная плата	Руководитель	Исполнитель
Основная, руб	76100,7	13657,8
Дополнительная, руб	7610	–
Итого по статье $C_{\text{зн}}$, руб	97367,8	

5.7.5 Отчисления на социальные нужды и накладные расходы

Статья отчисления на социальные нужды включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) \quad (5.7)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.)

Отчисления на социальные нужды составляет 27,1 % от суммы заработной платы всех сотрудников.

В статью накладные расходы включены затраты на управление и хозяйственное обслуживание, которые могут быть отнесены непосредственно на конкретную тему. Расчет накладных расходов провели по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) \quad (5.9)$$

где $K_{\text{накл}}$ – коэффициент накладных расходов принят 0,8.

Результаты расчета затрат на проведение исследования сведем в Таблицу 5.12

Таблица 5.12 – Смета затрат на выполнение научно–исследовательской работы

Статьи затрат	Затраты, руб
Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты	11319
Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	8836
Заработная плата	97367,8
Отчисления на социальные нужды и накладные расходы	104280,9
Итого	221804

5.8 Организационная структура проекта

В практике используется несколько базовых вариантов организационных структур проектов: функциональная, проектная, матричная.

Для выбора наиболее подходящей организационной структуры используем Таблицу 5.13.

Таблица 5.13 – Виды организационной структуры научного проекта

Критерии выбора	Функциональная	Матричная	Проектная
Степень неопределенности условий реализации проекта	Низкая	Высокая	Высокая
Технология проекта	Стандартная	Сложная	Новая
Сложность проекта	Низкая	Средняя	Высокая
Взаимозависимость между отдельными частями проекта	Низкая	Средняя	Высокая
Критичность фактора времени (обязательства по срокам завершения работ)	Низкая	Средняя	Высокая
Взаимосвязь и взаимозависимость проекта от	Высокая	Средняя	Низкая

организаций более высокого уровня			
-----------------------------------	--	--	--

Выполнение данного исследования можно представить в виде проектной организационной структуры. Проектная организационная структура представлена на Рисунке 5.3.

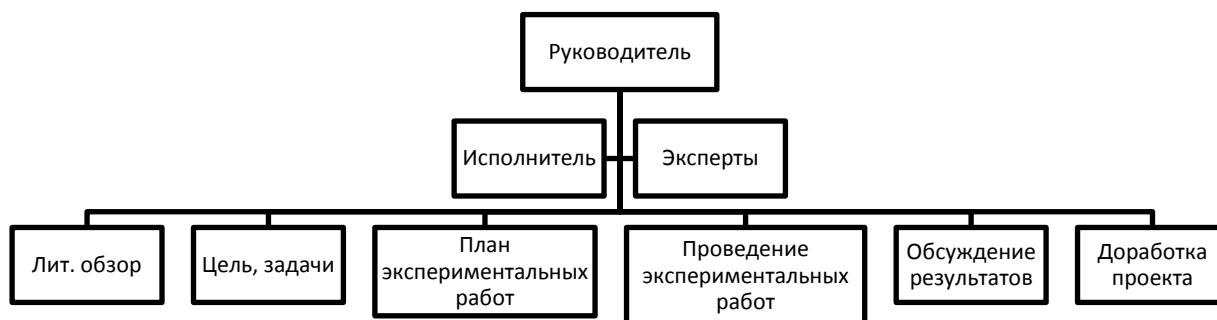


Рисунок 5.3 – Проектная организационная структура проекта

5.9 Матрица ответственности

С целью распределения ответственности между участниками проекта сформирована матрица ответственности (Таблица 5.14).

Таблица 5.14 – Матрица ответственности

Этапы проекта	Руководитель	Исполнитель
Литературный обзор по теме проекта	С	О
Постановка цели и задач	О	С
Разработка плана экспериментальных работ	У	И
Подбор лабораторной посуды и оборудования	С	О
Подбор прямогонных дизельных топлив	О	С
Подбор присадок	У	О
Проведение лабораторных испытаний	У	И
Обсуждение результатов. Доработка экспериментальной части ВКР	О	У
Оформление ВКР	С	О

Степень участия в проекте может характеризоваться следующим образом:

Ответственный (О)– лицо, отвечающее за реализацию этапа проекта и контролирующее его ход.

Исполнитель (И) – лицо (лица), выполняющие работы в рамках этапа проекта.

Утверждающее лицо (У) – лицо, осуществляющее утверждение результатов этапа проекта (если этап предусматривает утверждение).

Согласующее лицо (С) – лицо, осуществляющее анализ результатов проекта и участвующее в принятии решения о соответствии результатов этапа требованиям.

5.10 План управления коммуникациями проекта

План управления коммуникациями отражает требования к коммуникациям со стороны участников проекта. План управления коммуникациями приведен в Таблице 5.15.

Таблица 5.15 – План управления коммуникациями

№ п/п	Какая информация передается	Кто передает информацию	Кому передается информация	Когда передает информацию
1.	Статус проекта	Исполнитель	Руководителю	Еженедельно (понедельник)
2.	Обмен информацией о текущем состоянии проекта	Исполнитель	Руководителю	Еженедельно (суббота)
3.	Документы и информация по проекту	Исполнитель	Руководителю, Экспертам	Не позже сроков графиков и контрольных точек
4.	О выполнении контрольной точки	Исполнитель	Руководителю	Не позже дня контрольного события по плану управления

5.11 Реестр рисков проекта

Идентифицированные риски проекта включают в себя возможные неопределенные события, которые могут возникнуть в проекте и вызвать последствия, которые повлекут за собой нежелательные эффекты. Риски проекта приведены в Таблице 5.16.

Таблица 5.16 – Реестр рисков проекта

№	Риск	Потенциальное воздействие	Вероятность наступления (1–5)	Влияние риска (1–5)	Уровень риска*	Способы смягчения риска	Условия наступления
1	Отсутствие взаимного влияния изучаемых характеристик	Не актуальность исследования	5	5	Высокий	Поиск аналогичных зависимостей	Отсутствует влияние параметров друг на друга
2	Сбои в работе приборов	Некорректные результаты эксперимента	3	5	Средний	Проверка, ремонт	Сбой прибора
3	Действие присадки	Некорректные результаты эксперимента	2	5	Низкий	Правильность приготовления	Плохое качество присадки

5.12 Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

5.12.1 Оценка сравнительной эффективности исследования

Эффективность научного ресурсосберегающего проекта включает в себя социальную эффективность, экономическую и бюджетную эффективность. Показатели общественной эффективности учитывают социально–экономические последствия осуществления инвестиционного проекта как для общества в целом, в том числе непосредственные результаты и затраты проекта, так и затраты, и результаты в смежных секторах экономики, экологические, социальные и иные внеэкономические эффекты.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший

интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\max}} \quad (5.10)$$

где I_{ϕ}^p – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i–го варианта исполнения;

Φ_{\max} – максимальная стоимость исполнения научно–исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_m^a = \sum_{i=1}^n a_i b_i^a, \quad I_m^p = \sum_{i=1}^n a_i b_i^p \quad (5.11)$$

где I_m – интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов; a_i – весовой коэффициент i–го параметра;

b_i^a, b_i^p – балльная оценка i–го параметра для аналога и разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя приведен ниже.

Таблица 5.17 – Сравнительная оценка характеристик вариантов
исполнения проекта

Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
Время необходимое для улучшения свойств топлива	0,3	5	2	5
Удобство в эксплуатации	0,1	5	4	5
Энергосбережение	0,2	5	1	1
Надежность	0,2	5	5	5
Эффективность	0,2	4	5	3
Итого	1	24	19	17

$$I_{mn} = 0,3 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 + 0,2 \cdot 4 = 7,2$$

$$I_{A1} = 0,3 \cdot 2 + 0,1 \cdot 4 + 0,2 \cdot 1 + 0,2 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 = 5,1$$

$$I_{A2} = 0,3 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 + 0,2 \cdot 1 + 0,2 \cdot 5 + 0,2 \cdot 3 = 5,7$$

Аналог 1 – это технология каталитической депарафинизации дизельных топлив позволяющая улучшить их низкотемпературные свойства.

Аналог 2 – это использование присадок согласно стандартной концентрации, то есть без учета влияния состава дизельного топлива.

Сравнение значений интегрального показателя ресурсоэффективности позволяет понять и выбрать более эффективный вариант решения поставленной в магистерской работе технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности. Таким образом, видно, что использование присадок с учетом влияния состава топлива на низкотемпературные свойства более эффективный метод, улучшения низкотемпературных свойств, так как он более точен, экономичен и эффективен.

6 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Социальная ответственность – это концепция, в соответствии с которой организации учитывают интересы общества и возлагают на себя ответственность за влияние их деятельности на общественную сферу.

Понятие социальная ответственность выходит за рамки установленного законом обязательства соблюдать законодательство и предполагает, что организации добровольно принимают дополнительные меры для повышения качества жизни работников и их семей, а также местного сообщества и общества в целом.

6.1 Описание рабочего места

Рабочим местом является химическая лаборатория отделения химической инженерии Томского политехнического университета. Лаборатория оборудована вентиляцией, водоснабжением и канализацией. Полы выполнены из жаростойкой и гидрофобной керамогранитной плитки. Лабораторные столы имеют гладкие поверхности из материалов, не собирающих вредные вещества, и легко поддаются очистке.

Работа с вредными и легколетучими веществами производится в вытяжных шкафах, обеспечивающих изоляцию работающих от опасной среды. Помещение хорошо освещено как дневным, так и искусственным светом.

В условиях химических лабораторий в задачи производственной санитарии входит предупреждение профессиональных отравлений, предотвращение воздействия на работающих ядовитых и раздражающих веществ, производственной пыли, шума и других вредных факторов, определение предельно допустимых концентраций (ПДК) вредных веществ в воздухе производственных помещений, разработка и эксплуатация средств индивидуальной защиты, системы вентиляции, отопления и рационального освещения [38].

6.2 Анализ выявленных вредных факторов

6.2.1 Характеристика вредных веществ

Вредные вещества в организм человека проникают через дыхательные пути (основной путь), через кожу, а также с пищей, если человек принимает ее, находясь на рабочем месте. Так как вредные вещества оказывают негативное (токсическое) действие на организм человека, то их воздействие является вредным производственным фактором.

В результате воздействия вредных веществ у человека возникает отравление – болезненное состояние, тяжесть которого зависит от продолжительности воздействия, концентрации и вида вредного вещества.

При работе в лаборатории используется вредные вещества, ПДК в воздухе рабочей зоны, класс опасности и влияние на организм человека этих веществ указаны в Таблице 6.1 [8,39,40].

Таблица 6.1 – Вредные вещества и их характеристика

Вещество	ПДК, мг/м ³	Класс опасности	Воздействие на организм
Топливо дизельное	900/3 00	4	Высокие концентрации паров алифатических предельных углеводородов действуют на центральную нервную систему человека и оказывают наркотическое воздействие при вдыхании. Дизельное топливо раздражает слизистые оболочки и кожу человека, вызывая их поражение и кожные заболевания. Длительный контакт с дизельным топливом приводит к изменению функции центральной нервной системы и повышает заболеваемость органов дыхания.
Анилин	0,1	2	Высокотоксичен для человека, является гематотоксином (вызывает гемолиз). При лёгком отравлении анилином наблюдаются слабость, головокружение, головная боль, синюшность губ, ушных раковин и ногтей. При отравлениях средней

			тяжести также наблюдаются тошнота, рвота, иногда, шатающаяся походка, учащение пульса.
Бензол	15/5	2	Бензол высокотоксичен. При отравлении его парами обычно наблюдаются учащенное сердцебиение, сонливость, головокружение, головные боли. Попадание бензола внутрь может вызвать поражение желудочно-кишечного тракта. Бензол оказывает угнетающее действие на функцию кроветворения, обладает канцерогенным действием. Вдыхание паров бензола в осложненных случаях способно привести к летальному исходу.
Спирт этиловый	1000	4	При остром отравлении этиловым спиртом отмечается рвота, замедление дыхания и сердечных сокращений, потеря сознания.

Поэтому при работе в химической лаборатории необходимо соблюдать требования к технике безопасности [38]:

1. В лаборатории при работе с химическими реактивами должно находиться не менее двух сотрудников.
2. Перед тем как приступить к работе, сотрудники должны осмотреть и привести в порядок рабочее место.
3. Приступая к работе, проверяется исправность оборудования.
4. Проводить работу с ядовитыми и едкими веществами, а также с органическими растворителями только в вытяжном шкафу.
5. Набирать реактивы в пипетки с помощью резиновой груши или других устройств, ртом запрещается.
6. При определении запаха химических веществ следует нюхать осторожно, направляя к себе пары или газы движением руки.

7. Работа при повышенном давлении, нагрев стеклянного прибора или его поломка с разбрызгиванием горячих или едких продуктов проводится в вытяжных шкафах в защитных очках, перчатках и фартуке.

8. Работа в вытяжном шкафу проводится так, чтобы в шкафу находились только руки, наблюдение за процессом осуществляется через шкаф, для этого створки шкафа поднимают на высоту не более 30 см.

9. Включать вентиляцию не менее чем на 30 минут до начала и после завершения работы при работе с токсичными веществами.

10. Приготовление химических растворов с выделением тепла проводится в фарфоровой или термостойкой емкости.

11. При упаривании в стаканах растворов следует тщательно перемешивать их, так как нижний и верхний слои растворов имеют различную плотность, вследствие чего может произойти выбрасывание жидкости.

12. Во избежание ожогов, поражений от брызг и выбросов нельзя наклоняться над посудой, в которой кипит какая-либо жидкость.

13. Нагревание посуды из обычного стекла на открытом огне без асбестированной сетки запрещено.

14. При нагревании жидкости в пробирке держать ее следует отверстием в сторону от себя и от остальных сотрудников.

15. Нагревать жидкости в колбах или приборах, не сообщающихся с атмосферой, ни при каких обстоятельствах нельзя.

16. Нагретый сосуд нельзя закрывать притертой пробкой до тех пор, пока он не охладится до температуры окружающей среды.

При работе в лаборатории используются следующие средства индивидуальной защиты:

- Халат (при любых работах в лаборатории);
- Перчатки из химически стойких материалов (при работе с веществами и реагентами);
- Респиратор (при работе с опасными легколетучими веществами);

- Термостойкие перчатки (при работе с горячим оборудованием и посудой);
- Защитные очки (при необходимости).

6.2.2 Микроклимат

В процессе труда в производственном помещении человек находится под влиянием определенных метеорологических условий, или микроклимата – климата внутренней среды этих помещений.

Метеоусловия производственной среды регламентируются [41].

Температура воздуха в лаборатории поддерживается:

- 1) в холодный период 16 – 22 °С;
- 2) в теплый период 18 – 25 °С.

Влажность воздуха не должна превышать 40 – 60 %, скорость движения воздуха 0,2 м/с.

В лаборатории создание микроклимата обеспечивается работой форточек, дверей, приточной вытяжной вентиляцией. Кратность воздухообмена – отношение объема воздуха, подаваемого в помещение или удаляемого из него за 1 час, к объему помещения, – при сохранении комнатной температуры должна быть в пределах 4 – 6 час⁻¹.

Летом помещения проветриваются с помощью вентиляторов. В зимнее время помещения нагревают центральным отоплением.

6.2.3 Производственное освещение

Важное значение для создания благоприятных условий труда имеет рациональное освещение. Недостаточное освещение рабочего места затрудняет проведение работ, ведет к снижению производительности труда и может явиться причиной несчастных случаев.

Различают следующие виды производственного освещения: естественное, искусственное и совмещенное.

Естественное освещение характеризуется изменяющейся освещенностью на рабочих местах в течение суток года, которое обуславливается световым климатом. Поэтому данное освещение нормируется по «коэффициенту

естественной освещенности» (КЕО) или (е) естественного освещения.

Коэффициент естественной освещенности равен:

$$KEO = \frac{E}{E_0} 100\% \quad (6.1)$$

где E_{BH} – освещенность в данной точке помещения;

E_{HAP} – освещенности под открытым небом.

Нормирование естественного освещения сводится к нормированию коэффициента естественного освещения (КЕО) в соответствие с санитарными нормами и правилами. Величина КЕО при верхнем или комбинированном естественном освещении должна быть равна 4%, а при боковом – 1,5% [42].

Искусственное освещение помогает избежать многих недостатков, характерных для естественного освещения, и обеспечить оптимальный световой режим.

Искусственное освещение создается светильниками и прожекторами. Различают общее, местное или комбинированное. Общее необходимо для освещения всего производственного помещения. Местное дополняет общее и концентрирует дополнительный световой поток на рабочих местах. Сочетание местного и общего освещения называют комбинированным.

По функциональному назначению различают следующие виды искусственного освещения: рабочее, аварийное, эвакуационное, охранное, дежурное, сигнальное.

Основные требования к системам производственного освещения [8]:

- соответствие уровня освещенности рабочих мест характеру выполняемой зрительной работы;
- достаточно равномерное распределение яркости на рабочих поверхностях и в окружающем пространстве;
- отсутствие резких теней, прямой и отраженной блескости (повышенной яркости светящихся поверхностей, вызывающей ослепленность);
- постоянство освещенности во времени;

- оптимальная направленность излучаемого осветительными приборами светового потока;
- долговечность, экономичность, электро- и пожаробезопасность, эстетичность, удобство и простота в эксплуатации.

В лаборатории, где проводилось исследование, используется комбинированная система освещения, то есть общее искусственное и местное освещение.

6.2.4 Шум

Производственные процессы в химической лаборатории сопровождаются шумом.

Воздействие шума длительное время приводит к снижению остроты слуха, повышению кровяного давления, утомлению центральной нервной системы, ослаблению внимания, увеличению количества ошибок в действиях рабочего, снижению производительности труда. Воздействие шума приводит к появлению профессиональных заболеваний и может явиться причиной несчастного случая.

Для химической лаборатории характерны следующие виды шумов:

- механический шум (при трении, биении узлов и деталей машин делительных воронок, механической мешалки);
- аэрогидродинамический шум (возникает в аппаратах при больших скоростях движения газа или жидкости и при резких направлениях их движения и давления).

В качестве средств индивидуальной защиты для органов слуха от шума и вибрации применяются наушники, беруши.

Наушники понижают негативное воздействие в диапазоне от 7 до 38 дБ с частотой от 125 до 8 000 Гц.

Вкладыши (беруши) закрывают слуховой проход. Этот вид защиты дешев, компактен и применим ко многим ситуациям, но не всегда результативен, т.к. снижает уровень негативного воздействия всего на 5 – 20 дБ.

6.2.5 Уровень электромагнитных излучений

Одним из вредных факторов, влияющих на здоровье человека, является электромагнитное поле (ЭМП), при превышении допустимых уровней которого происходит вредное воздействие на иммунную, эндокринную, нервную системы человека. Влиянию ЭМП подвержены кровеносная система, иммунная и половая системы, головной мозг, глаза.

Основным источником электромагнитных излучений в лаборатории являются трансформаторы высокой частоты.

Согласно [43] допустимые уровни ЭМП, создаваемых на рабочем месте представлены в Таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Временные допустимые уровни ЭМП, создаваемые на рабочем месте

Наименование параметров		ВДУ
Напряженность электрического поля	в диапазоне частот 5Гц – 2Гц	25 В/м
	в диапазоне частот 2 кГц – 400к Гц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	в диапазоне частот 5Гц – 2Гц	250 нТл
	в диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц	25 нТл
Напряженность электрического поля		15 В/м

Поскольку полностью избежать воздействия ЭМП невозможно, можно максимально его снизить, путем рационального размещения рабочих мест и оборудования.

6.3 Анализ выявленных опасных факторов

6.3.1 Электробезопасность

Работа проводилась в химической лаборатории, где находится следующее электрооборудование: сушильные шкафы, муфельные печи, электрические плитки. Это оборудование может вызвать опасность поражения электрическим током.

При прохождении через организм человека электрический ток оказывает следующие виды воздействия:

1. термическое – ожоги, нагрев кровеносных сосудов;
2. электролитическое – разложение крови и лимфатической жидкости;
3. биологическое – раздражение и возбуждение живых тканей организма, сопровождающееся непроизвольными судорогами мышц, тела, сердца, легких, что приводит к нарушению или полному прекращению деятельности отдельных органов, систем дыхания и кровообращения.

Все помещения лаборатории должны соответствовать требованиям электробезопасности при работе с электроустановками согласно [44].

1. Все электрооборудование с напряжением свыше 42В, а также оборудование и механизмы, которые могут оказаться под напряжением, должны быть надежно заземлены.

2. Для отключения электросетей на вводах должны быть рубильники или другие доступные выключающие устройства. Отключение всей сети, за исключением дежурного освещения, производится общим рубильником.

3. В целях предотвращения электротравматизма запрещается:

- работать на неисправных электрических приборах и установках;
- перегружать электросеть;
- переносить и оставлять без надзора включенные электроприборы;
- работать вблизи открытых частей электроустановок, прикасаться к ним;
- загромождать подходы к электрическим устройствам.

4. Обо всех обнаруженных дефектах в изоляции проводов, неисправности рубильников, штепсельных вилок, розеток, а также заземления и ограждений следует немедленно сообщить электрику.

5. В случае перерыва в подаче электроэнергии все электроприборы должны быть немедленно выключены.

6. Запрещается использование в пределах одного рабочего места электроприборов класса «0» и заземленного электрооборудования.

7. Категорически запрещается прикасаться к корпусу поврежденного прибора или токоведущим частям с нарушенной изоляцией и одновременно к

заземленному оборудованию (другой прибор с исправным заземлением, водопроводные трубы, отопительные батареи), либо прикасаться к поврежденному прибору, стоя на влажном полу.

8. При поражении электрическим током необходимо как можно быстрее освободить пострадавшего от действия электрического тока, отключив электроприбор, которого касается пострадавший. Отключение производится с помощью выключателя или рубильника.

9. При невозможности быстрого отключения электроприбора необходимо освободить пострадавшего от токоведущих частей деревянным или другим, не проводящим ток предметом источник поражения.

10. Во всех случаях поражения электрическим током необходимо вызвать врача.

Лаборатория, где проводилась НИР, относится к 1 классу, то есть к помещениям без повышенной опасности – это сухое (влажность менее 60%), не пыльное помещение с нормальной температурой и изолирующими полами.

6.3.2 Пожаровзрывобезопасность

Лаборатория относится к пожароопасным помещениям категории «В» – помещения где находятся горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы [45-46].

Взрывоопасная среда в лаборатории может образоваться вследствие пролива растворителей, жидких углеводородов. Легковоспламеняющиеся жидкости нельзя нагревать на открытом огне, также держать вблизи открытого огня. Жидкости нагревают на водяной бане. Огнеопасные вещества нельзя сливать в канализацию, слив производится в специальные сосуды.

При возникновении пожара необходимо принять все меры по его локализации и тушению. Для этого должен быть обеспечен проход между лабораторными столами, выходы недопустимо загромождать различными предметами. При возникновении возгорания все сотрудники должны действовать четко, в соответствии с заранее разработанной программой согласно инструкции.

Для тушения возможного загорания и пожаров лаборатория оснащена специально оборудованным щитом, на котором установлены:

а) огнетушитель углекислотный газовый типа ОУ – 2 для тушения всех видов горючих веществ и электроустановок, кроме веществ, горящих без доступа воздуха;

б) порошковый огнетушитель ОПС – Ю, предназначенный для тушения небольших очагов возгорания щелочных металлов;

в) ручной пенный огнетушитель ОХП, применяемый для тушения установок, находящихся под напряжением;

г) асбестовое одеяло, которое используется при тушении обесточенных электропроводов, горячей одежды;

д) ящик с песком для тушения обесточенных горящих на горизонтальной поверхности проводов.

Таким образом, лаборатория, где проводились работы, оснащена всеми противопожарными устройствами и соответствует требованиям пожарной безопасности [12].

6.4 Охрана окружающей среды

Химическая лаборатория не является особо опасным объектом воздействия на окружающую среду.

Существует два основных подхода к проблеме защиты окружающей среды:

-путем максимально эффективной очистки;

-путем создания замкнутой безотходной технологической системы.

Для лаборатории наиболее оптимален выбор первого варианта.

6.4.1 Воздействие на атмосферу

Так как в условиях лаборатории выбросы в атмосферу характеризуются незначительным содержанием вредных газов и паров, то для очистки достаточно использование адсорбционного фильтра. Для этого в лаборатории на выходе вентиляционных труб установлены перегородки, поверх которых уложен слой адсорбента. В качестве адсорбента наиболее часто используют

активированный уголь. Воздушный поток, пройдя через слой адсорбента, очищается от вредных газов и паров [13].

6.4.2 Воздействие на гидросферу

Все выбросы в канализацию также необходимо подвергать обезвреживанию и очистке. Для этих целей все отработанные кислотные и щелочные сливы собираются в отдельную для каждого вида тару, затем подвергаются нейтрализации и только после этого они могут быть слиты в канализацию с их предварительным 10-кратным разбавлением водопроводной водой. Отработанные органические сливы собираются в специальную герметически закрытую тару, которую по мере заполнения отправляют на обезвреживание и утилизацию [47].

6.4.3 Воздействие на литосферу

Твердые отходы собираются в специальные сборники и увозятся для уничтожения. Наиболее опасными отходами для литосферы в условиях лаборатории являются отработанные люминесцентные лампы, относящиеся к 1 классу опасности. Их утилизация производится согласно [48].

6.5 Защита в чрезвычайных ситуациях

Одним из важнейших факторов в безопасности жизнедеятельности людей является подготовленность к чрезвычайным ситуациям. Чрезвычайная ситуация – это совокупность таких обстоятельств, которые сопровождаются разрушениями зданий, сооружений, материальных ценностей, поражению и гибелью людей.

К чрезвычайным ситуациям относят:

- производственные аварии,
- стихийные бедствия,
- социальные конфликты.

В любой лаборатории всегда существует вероятность возникновения аварийной ситуации. Для ликвидации аварии разрабатываются планы, в которых предусматриваются мероприятия, направленные на спасение людей, ликвидации аварий.

Оперативная часть плана ликвидации возможных аварий предусматривает способы оповещения об аварии (сигнализация), пути выхода людей из опасных зон, включений аварийной вытяжной вентиляции. К сигнализации безопасности относятся световые, звуковые и цветовые сигналы, знаковая сигнализация и различные указатели. План ликвидации аварий изучает весь персонал, а так же работники спасательной станции и пожарной части.

В аварийных ситуациях, когда атмосфера лаборатории внезапно оказывается зараженной ядовитыми парами или газами, оставаться в помещении для ликвидации последствий аварии только в противогазе, при отключенных нагревательных приборах.

После дезактивации помещение необходимо проветрить. При возникновении пожара необходимо отключить электронагревательные приборы, вентиляцию, убрать огнеопасные вещества в безопасное место, одновременно, по возможности ликвидировать очаг.

При стихийном бедствии необходимо оповестить всех работников лаборатории об угрозе возникновения бедствия. При поступлении сигнала о возможном инциденте все работники лаборатории должны быть обеспечены средствами индивидуальной защиты, после чего в лаборатории отключается электроэнергия, водоснабжение. При необходимости персонал эвакуируется в безопасное место [49].

6.5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Организационными и руководящими мероприятиями в условиях лаборатории занимается заведующий лабораторией.

Руководитель должен знать постановления, распоряжения, приказы и указания вышестоящих организаций, инструктивные, методические, нормативные и другие руководящие материалы по технологической подготовке производства, оборудование лаборатории, принципы его работы и правила эксплуатации, стандарты, технические условия, методики и инструкции по лабораторному контролю производства.

В обязанности заведующего лабораторией входит:

- Организация проведения химических анализов, лабораторного контроля соответствия качества сырья, материалов действующим стандартам и техническим условиям.
- Работа по разработке новых и совершенствование существующих методов лабораторного контроля, и оказание помощи в их внедрении в производство;
- Осуществление контроля за состоянием лабораторного оборудования и рабочих мест сотрудников лаборатории и принятие меры по устранению имеющихся недостатков;
- Контроль качества отбора и обработки проб на содержание загрязняющих веществ и правильность расчетов;
- Разработка технических указаний и инструкций по текущему контролю производства;
- Организация ведения установленной документации;
- Проведение и оформление ежегодной инвентаризации лабораторного оборудования;
- Разработка текущего и годового планов работы химической лаборатории.
- Контроль соблюдения работниками правил охраны труда, техники безопасности, противопожарной защиты, производственной и трудовой дисциплины, правил внутреннего трудового распорядка.

Вывод:

Проанализировав условия труда на рабочем месте, где выполнялась магистерская диссертация. Можно сделать вывод, что исследовательская лаборатория, удовлетворяет предъявляемым требованиям и нормам. При соблюдении техники безопасности и правил работы в химической лаборатории работа в лаборатории не повлияет на здоровье работника.

Действие вредных и опасных факторов в лаборатории сведено к минимуму. Микроклимат, освещение и уровень шума удовлетворяют

требованиям, так же соблюдены все требования по электро- и пожароопасности.

При соблюдении описанных в работе правил утилизации отходов, деятельность в лаборатории не представляет опасности для экологии.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СТУДЕНТА

№	Наименование работы, ее вид	Характер работы	Выходные данные	Объем, стр.	Соавторы
Научные работы всего: 17					
Статьи, в рецензируемом журнале из перечня ВАК: 1					
1	«Разработка расчетных методов определения эксплуатационных характеристик и низкотемпературных свойств дизельных топлив»	Печатная	Нефтепереработка и нефтехимия. Научно-технические достижения и передовой опыт. – 2018 – №. 2. – С. 8-20	14	А.А. Алтынов, М.В. Киргина
Статьи в изданиях рецензируемых базами данных SCOPUS, Web of Scince: 1					
1	«Determination of operational characteristics of diesel fuel: A study on computational methods»	Печатная	11th International Forum on Strategic Technology (IFOST – 2016): Proceedings: in 2 vol., Novosibirsk, June 1-3, 2016. – Novosibirsk: NSTU, 2016 – Vol. 2 - pp. 615-618	4	A.A. Altynov, M.V. Kirgina, B.V. Sakhnevich
Доклады и тезисы докладов, опубликованные в материалах российской, международной (всероссийской) конференции: 18					
1	Методика расчета низкотемпературных свойств дизельных фракций	Печатная	Проблемы геологии и освоения недр: труды XX Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 120-летию со дня основания Томского политехнического университета, Томск, 4-8 Апреля 2016. – Томск: Изд-во ТПУ, 2016 – Т. 2 – С. 452-453	2	А.А. Алтынов
2	Quality monitoring of diesel fuel available at filling stations of Tomsk city	Печатная	Химия и химическая технология в XXI веке: материалы XVII Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых имени профессора Л.П. Кулева, посвященной 120-летию Томского политехнического университета, Томск, 17-20 Мая 2016. – Томск: ТПУ, 2016 – С. 495-496	2	A.A. Altynov
3	Обзор расчетных способов определения низкотемпературных свойств дизельных топлив	Печатная	Молодежь и современные информационные технологии: сборник трудов XIV Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых: в 2 т., Томск, 7-11 Ноября 2016. – Томск: ТПУ, 2017 – Т. 1 – С. 138-139	2	А.А. Алтынов, М.В. Киргина
4	Определение низкотемпературных свойств дизельных топлив с использованием	Печатная	Научная сессия ТУСУР-2017: материалы Международной научно-технической конференции студентов,	3	А.А. Алтынов, М.В. Киргина

	методов математического моделирования		аспирантов и молодых ученых, посвященной 55-летию ТУСУРа. В 8 частях, Томск, 10-12 Мая 2017. – Томск: В-Спектр, 2017 – Т. 4 – С. 123-125		
5	Software for control and planning the production of diesel fuels	Печатная	Химия и химическая технология в XXI веке: материалы XVIII Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых имени профессора Л.П. Кулёва, Томск, 29 Мая-1 Июня 2017. – Томск: Изд-во ТПУ, 2017 – С. 428-429	2	A.A. Altynov, M.V. Kirgina
6	Разработка программного комплекса для сопровождения и планирования производства дизельных топлив	Печатная	Проблемы геологии и освоения недр: труды XXI Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 130-летию со дня рождения профессора М.И. Кучина, Томск, 3-7 Апреля 2017. – Томск: ТПУ, 2017 – Т. 2 – С. 292-293	2	A.A. Алтынов, M.B. Киргина
7	Программный комплекс для сопровождения и планирования производства дизельных топлив «DIESEL+»	Печатная	XVII Сатпаевские чтения: материалы Международной научной конференции молодых ученых, магистрантов, студентов и школьников, Павлодар, 12-13 Апреля 2017. – Павлодар: ПГУ им. С. Торайгырова, 2017 – Т. 19 – С. 241-244	4	A.A. Алтынов, M.B. Киргина
8	Разработка расчетных методов определения температуры застывания и цетанового индекса смесевых дизельных топлив	Печатная	XXVII Менделеевская конференция молодых ученых: сборник тезисов, Уфа, 23-28 Апреля 2017. – Уфа: «Издательство «Диалог», 2017 – С. 69	1	A.A. Алтынов
9	Методика расчета цетанового индекса смесевых дизельных топлив с учетом возникающей неаддитивности	Печатная	V научные чтения, посвященные памяти академика А.Е. Фаворского: сборник тезисов докладов школы-конференции молодых учёных с международным участием, Иркутск, 20-24 Февраля 2017. – Иркутск: ИИХ СО РАН, 2017 – С. 118	1	A.A. Алтынов, M.B. Киргина
10	Расчетные способы определения предельной температуры фильтруемости дизельных топлив	Печатная	Переработка углеводородного сырья. Комплексные решения (Левинтерские чтения): материалы Всероссийской научной конференции, Самара, 3-5 Ноября 2016. – Самара: СамГТУ, 2016 – С. 13-14	2	A.A. Алтынов, M.B. Киргина
11	Методика расчета цетановых индексов смесевых дизельных топлив	Печатная	Переработка углеводородного сырья. Комплексные решения (Левинтерские чтения): материалы Всероссийской научной конференции, Самара,	2	A.A. Алтынов, M.B. Киргина

			3-5 Ноября 2016. – Самара: СамГТУ, 2016 – С. 13-14		
12	Исследование возможностей использования стабильного газового конденсата в качестве сырья процесса цеоформинга	Печатная	Химия и химическая технология в XXI веке: материалы XIX Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых, Томск, 21-24 Мая 2018. – Томск: ТПУ, 2018 – С. 340-341	2	А.А. Алтынов, М.В. Киргина
13	Investigation of the composition and properties of straight-run diesel fuels	Печатная	Химия и химическая технология в XXI веке: материалы XIX Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых, Томск, 21-24 Мая 2018. – Томск: ТПУ, 2018 – С. 480-481	2	А.А. Алтынов
14	Stable gas condensate as raw material of the zeoforming process: possibilities of use	Печатная	Химия и химическая технология в XXI веке: материалы XIX Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых, Томск, 21-24 Мая 2018. – Томск: ТПУ, 2018 – С. 469-470	2	А.А. Алтынов
15	Использование стабильного газового конденсата при производстве автомобильных бензинов	Печатная	XVIII Сатпаевские чтения: материалы Международной научной конференции молодых ученых, магистрантов, студентов и школьников, Павлодар, 11 Апреля 2018. - Павлодар: ПГУ им. С. Торайгырова, 2018 – Т. 17 – С. 190-194	5	А.А. Алтынов, М.В. Киргина

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ООО «Альто-ИнноСистем», Рынок дизельного топлива. Текущая ситуация и прогноз 2018-2022 гг., [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. URL: <http://alto-group.ru>, свободный. – Дата обращения: 15.04.2018 г.
2. Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации, Сборник ТЭК РОССИИ – 2016, [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. URL: <http://alto-group.ru>, свободный. – Дата обращения: 10.04.2018 г.
3. Ахметов, Сафа Ахметович. Технология глубокой переработки нефти и газа: учебное пособие для вузов / С.А. Ахметов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Санкт-Петербург: Недра, 2013. – 541 с.
4. Мановян, Андраник Киракосович. Технология переработки природных энергоносителей: учебное пособие / А.К. Мановян. – Москва: Химия КолосС, 2004. – 455 с.
5. ГОСТ 305-2013 «Топливо дизельное. Технические условия» [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. URL: <http://vse gost.com>, свободный – Дата обращения: 15.04.2018 г.
6. ТР ТС 013/2011 «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и мазуту (с изменениями на 2 декабря 2015 года)» [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. URL: <http://docs.cntd.ru>, свободный. – Дата обращения: 15.04.2018 г.
7. ГОСТ Р 52368-2005 (ЕН 590:2009) «Топливо дизельное ЕВРО. Технические условия» [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. URL: <http://vse gost.com>, свободный. – Дата обращения: 15.04.2018 г.
8. ГОСТ Р 55475-2013 «Топливо дизельное зимнее и арктическое депарафинированное. Технические условия» [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. URL: <http://vse gost.com>, свободный. – Дата обращения: 15.04.2018 г.

9. Перекрестов А.П. Улучшение смазочной способности экологически чистого дизельного топлива с помощью магнитно-мицеллярной противоизносной присадки / А.П. Перекрестов, А.А. Клыкканова // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2012. – №5. – С. 5.
10. Безюков О.К. Современные присадки к дизельному топливу / О.К. Безюков, В.А. Жуков, М.М. Маад // Вестник Астраханского государственного технического университета. – 2016. – №1 (61). – С. 28-33
11. Кузнецов А.В. Топливо-смазочные материалы /А.В. Кузнецов – М.: Колос, 2007. – 199 с.
12. Кумилев А.М. Химия и технология присадок к маслам и топливам / А.М. Кумилев. – Л.:Химия, 1985 – 252 с.
13. Николаев В.Ф. Рефракто-магнитооптический метод оценки эксплуатационных и теплофизических характеристик реактивных и дизельных топлив/ В.Ф. Николаев, И.Р. Кутушев, А.К. Хамедзянов // Вестник КГТУ – 2003. – №2. – С. 102-106.
14. Тыщенко В.А. Разработка противоизносной присадки к малосернистым дизельным топливам на основе технических алкилсалициловых кислот / В.А. Тыщенко, С.В. Котов, Г.В. Тимофеева, Н.С. Котова, Л.А. Онучак, М.А. Родина // Вестник СамГУ. Естественнонаучная серия. – 2011. – №2. – С. 201-208.
15. Чуликов П.В. Моторные топлива: ресурсы, качество, заменители. Справочник. – М.: Политехника, 1998 – 128 с.
16. Митусова Т.Н. Современные дизельные топлива и присадки к ним/ Т.Н. Митусова, Е.В. Полина, М.В. Калинина. М.: Техника, 2002. – 64 с.
17. Effect of Hydrocarbon Composition on Quality and Operating Characteristics of Middle Distillate Fractions and Low-Viscosity Marine Fuels/ N.K. Kondrasheva, D.O. Kondrashev, V.A. Rudko, A.A. Shaidulina // Chemistry and Technology of Fuels and Oils. – 2017. – Vol. 53. – PP. 163-172.
18. Б.А. Энглин. Применение жидких топлив при низких температурах. – М.: Химия, 1980. – 208 с.

19. Башкатова С.Т. Присадки к дизельным топливам. – М.: Химия, 1994. – 256 с.
20. С.Г. Агаев, А.М. Глазунов, С.В. Гульятеев, Н.С. Яковлев. Улучшение низкотемпературных свойств дизельных топлив: монография. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2009. – 145 с.
21. Таранова Л.В., Гуров Ю.П., Агаев В.Г. Механизм действия депрессорных присадок и оценка их эффективности // Современные наукоемкие технологии. 2008. – №4. – С. 76-77.
22. Кемалов А.Ф., Кемалов Р.А., Валиев Д.З. Значимость применения присадок к дизельным топливам для отечественного автопарка//Вестник Казанского технологического университета. – 2010. – №10. – С. 636 -638.
23. Митусова Т. Н., Непомнящая Е. В. Судовые топлива // Мир нефтепродуктов. – 2009. – №9-10. – С. 58-61.
24. Nalesnik T.E., Herbstman S. Containing as storage stabilizer a copolymer grafted with an aromatic polyamine succinimide: pat. 4919683 USA. Оpubл. 24.04.1990.
25. Андрюхова Н.П. Ермолаев М.В., Ковалев В.А., Финелонова М.В. Разработки ООО «Пластнефтехим» в области присадок к топливам // Мир нефтепродуктов. 2010. № 1. – С. 16 -18.
26. Данилов А.М. Отечественные присадки к дизельным топливам // Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. – 2010. – №1. – С. 9-13.
27. ГОСТ Р ИСО 8178-5-2009 «Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Измерение выбросов вредных веществ. Часть 5. Топлива для испытаний» [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. URL:<http://vsegost.com>, свободный. – Дата обращения: 15.01.2018 г.
28. Altynov A.A., Bogdanov I.A., Kirgina M.V., Sakhnevich B.V. Determination of operational characteristics of diesel fuel: A study on computational methods, Proceedings-2016 11th International Forum on Strategic Technology, IFOST 2016, Novosibirsk, – pp. 615-618, June, 2016.

29. ISO 4264 «Petroleum products – Calculation of cetane index of middle-distillate fuels by the four variable equation» [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. URL: <https://www.iso.org>, свободный. – Дата обращения: 21.04.2018 г.
30. ГОСТ 5066-91 «Топлива моторные. Методы определения температуры помутнения, начала кристаллизации и кристаллизации» [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. URL: <http://vsegost.com>, свободный. – Дата обращения: 15.04.2018 г.
31. ГОСТ EN 116-2013 «Топлива дизельные и печные бытовые. Метод определения предельной температуры фильтруемости» [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. URL: <http://vsegost.com>, свободный. – Дата обращения: 15.04.2018 г.
32. ГОСТ 20287-91 «Нефтепродукты. Методы определения температур текучести и застывания». [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. URL: <http://vsegost.com>, свободный. – Дата обращения: 15.04.2018 г.
33. Группа компаний «ГРАНАТ» [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. URL: <http://granat-e.ru/svm3000.html>, свободный. – Дата обращения: 21.04.2018 г.
34. ГОСТ 3900-85 «Нефть и нефтепродукты. Методы определения плотности» [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. URL: <http://vsegost.com>, свободный. – Дата обращения: 15.04.2018 г.
35. ГОСТ 33-2000 (ИСО 3104-94) Нефтепродукты. Прозрачные и непрозрачные жидкости. Определение кинематической вязкости и расчет динамической вязкости» [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. URL: <http://vsegost.com>, свободный. – Дата обращения: 15.04.2018 г.
36. ГОСТ 32139-2013 «Нефть и нефтепродукты. Определение содержания серы методом энергодисперсионной рентгенофлуоресцентной спектроскопии» [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. URL: <http://vsegost.com>, свободный. – Дата обращения: 15.04.2018 г.

37. ГОСТ 2177-99 «Нефтепродукты. Методы определения фракционного состава» [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. URL:<http://vsegost.com>, свободный. – Дата обращения: 15.04.2018 г.
38. Захаров, Леонид Николаевич. Техника безопасности в химических лабораториях / Л.Н. Захаров. – Ленинград: Химия, 1991. – 336 с.
39. ГОСТ 5819-78 «Анилин. Технические условия (с Изменением N 1)» [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. URL:<http://vsegost.com>, свободный. – Дата обращения: 22.04.2018 г.
40. ГОСТ 5955-75 «Реактивы. Бензол. Технические условия (с Изменениями N 1, 2)» [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. URL:<http://vsegost.com>, свободный. – Дата обращения: 22.04.2018 г.
41. СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.» [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. URL:<http://vsegost.com>, свободный. – Дата обращения: 22.04.2018 г.
42. СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение (с Изменением N1)» [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. URL:<http://vsegost.com>, свободный. – Дата обращения: 22.04.2018 г.
43. ГОСТ 12.1.002-84 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах» [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. URL: <http://vsegost.com>, свободный. – Дата обращения: 22.04.2018 г.
44. ГОСТ Р 12.1.019-2009 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты» [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. URL:<http://vsegost.com>, свободный. – Дата обращения: 22.04.2018 г.
45. СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности (с Изменением N1)» [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. URL:<http://vsegost.com>, свободный. – Дата обращения: 22.04.2018 г.

46. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности (с изменениями на 29 июля 2017 года) [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. URL:<http://vsegost.com>, свободный. – Дата обращения: 22.04.2018 г.
47. ГОСТ 17.2.3.02–78. «Охрана природы. Атмосфера. Правила установления допустимых выбросов вредных веществ промышленными предприятиями» [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. URL: <http://vsegost.com>, свободный. – Дата обращения: 22.04.2018 г.
48. ГОСТ Р 52105-2003 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Классификация и методы переработки ртутьсодержащих отходов. Основные положения» [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. URL:<http://vsegost.com>, свободный. – Дата обращения: 22.04.2018 г.
49. ГОСТ Р 22.0.02-2016 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения» [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. URL:<http://vsegost.com>, свободный. – Дата обращения: 22.04.2018 г.

Diesel fuels and additives to them

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2KM61	Богданов Илья Александрович		

Руководитель ВКР _____

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ	Киргина Мария Владимировна	к.т.н.		

Консультант-лингвист Отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИЯ	Сыскина Анна Александровна	к.фил.н.		

1 Diesel fuels and additives to them

1.1 Diesel fuels

Diesel fuel is one of the most mass consumed fuels for internal combustion engines in the world and in particular in Russia. Over the past three years, Russia has seen a rise in the production of diesel fuel. In 2017, Russia produced 76.847 thousand tons of diesel fuel, which is 0.9% higher than production in 2016 [1]. According to the analytical center under the government of the Russian Federation, diesel fuel takes the first place in the structure of oil product exports to the countries of the Organization for Economic Co-operation and Development (OECD) (Figure 1) [2].

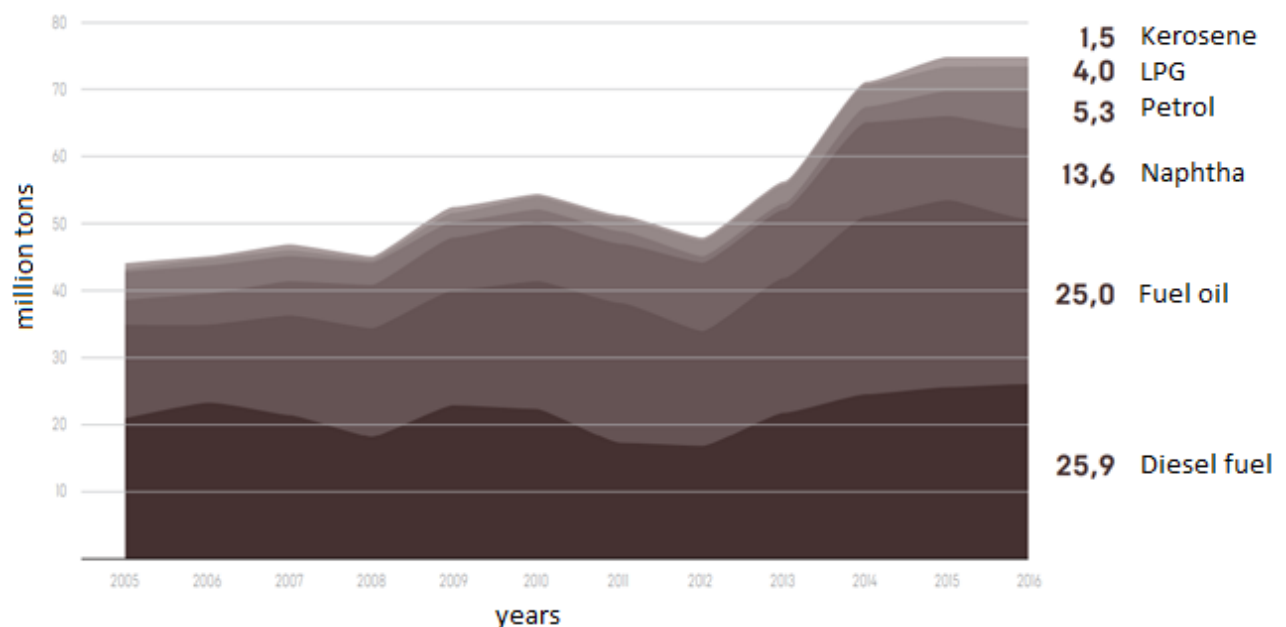


Figure 1 – Structure of Russian oil product exports to OECD countries in 2005-2016, million tons

The increase in consumption and production of diesel fuel is due to an increase in the share of diesel engines in the modern fleet.

The growth in the number of cars running on diesel fuel is due to the following advantages of the diesel engine:

- fuel consumption is less by 30-35%;
- the average operating temperature in diesel engines is lower, which facilitates engine cooling;

- application of heavier fuel in diesel engines, in comparison with gasoline, provides fire safety, facilitates transportation and storage of fuel;
- diesel engine is more stable in operation during overloads;
- exhaust gases of the diesel engine are less toxic;
- possibility to change the power of diesel engines only by regulating the fuel supply at a constant air flow rate.;
- the possibility of using fuels with different volatility: medium distillates, heavy distillates, and under certain conditions gasoline and kerosene [3].

However, diesel engines have a number of disadvantages and design features:

- less acceleration dynamics;
- greater noise and vibration when the engine is running;
- sensitive fuel system;
- worse starting the engine at low temperatures;
- have a large mass, a smaller liter capacity;
- more common oil and filters need to be replaced, the oil must be of a higher quality;
- to start a diesel engine requires a battery with a larger capacity and a more powerful starter;
- repair of a diesel engine is usually more expensive than repairing a gasoline engine of the same class.

All the above factors have set the task of paramount importance: to gradually increase the share of diesel engines in transport and increase it to 60-65% in almost all countries. The most important is the transition to diesel engines for private cars [4].

1.2 Properties and brands of diesel fuels

The most important indicators of diesel fuel quality are: flammability, volatility, density, viscosity, fractional composition, low-temperature properties and environmental characteristics [3].

Cetane number is a characteristic of diesel fuel flammability, which determines the period of burning delay of the working mixture (the time interval from the injection of fuel into the cylinder before the start of its combustion). The higher the cetane number, the less the delay and the more smoothly and gently the fuel mixture burns.

The cetane number is numerically equal to the volume fraction of cetane ($C_{16}H_{34}$, hexadecane), the cetane number of which is taken as 100, mixed with α -methylnaphthalene (whose cetane number, in turn, is 0), when this mixture has the same ignition delay period as the test fuel under the same conditions.

According to [27], the cetane number can be calculated as a cetane index. The cetane index is the approximate value of the cetane number of distillate diesel fuel without cetane improver additives, calculated on the basis of fuel density and its fractional composition. The most accurate method for calculating the cetane index is ISO 4264 “Petroleum products – Calculation of cetane index of middle-distillate fuels by the four variable equation” [28]. The summary of test method is to determine the density of petroleum products (at a temperature of 15 ° C), temperatures at which 10 vol. %, 50 vol. % and 90 vol. % of the sample are distilled and to calculation the cetane index from the obtained data.

Density of fuel is the amount of its mass in kilograms, which is placed in one cubic meter. This value is not constant and depends on the temperature of the diesel fuel.

The most common way to determine the density of oil products is to determine the density using a hydrometer. The summary of this density determination method is the immersion of the calibrated hydrometer in the tested oil product. Indications on the scale of the hydrometer at the determination temperature are taken as the density. If it is necessary to determine the density at another temperature, the density is recalculated according to special formulas. In this paper, the density was determined using a hydrometer in accordance with USS 3900-85 “Petroleum and petroleum products. Methods for determination of density” [34].

Viscosity is the property of liquid fuel to resist the movement of its particles under the action of external forces. Viscosity is one of the main indicators of fuel, which determines the quality of its spraying in the combustion chamber. The fuel brand is characterized by kinematic viscosity. The unit of kinematic viscosity is mm^2/s (viscosity 1 mm^2/s has distilled water at 293 K). As the temperature increases, the viscosity of the fuels decreases, that's why the temperature at which the viscosity was determined always is indicated.

The simplest and most common way to determine the oil product viscosity is to determine the viscosity by means of a viscometer. The summary of the method is to measure with a glass capillary viscometer the time in which a certain amount of the tested oil product expires under the influence of gravity. The kinematic viscosity is calculated as the product of the constant viscosimeter and the measured oil product flow time. Dynamic viscosity is calculated as the product of the kinematic viscosity and density of the oil product at the same temperature. The viscosity of the test samples in this study was determined by means of a viscometer at a temperature of 20 °C according to GOST 33-2000 "Petroleum products. Transparent and opaque liquids. Determination of kinematic viscosity and calculation of dynamic viscosity" [35].

Flash point is the lowest temperature of a volatile condensed substance, in which vapors above the surface of a substance are capable of flashing in the air under the influence of an ignition source, however, steady burning does not occur after removal of the ignition source. Flash – rapid combustion of vapors of a volatile substance with air mixture, accompanied by a short-term visible glow. The flash point should be distinguished both from the ignition temperature at which the combustible substance is able to burn itself after the ignition source has ceased to act and the autoignition temperature at which an external ignition source is not required to initiate combustion.

Low-temperature properties of diesel fuel include cloud point, cold filter plugging point (CFPP) and the pour point of the fuel.

Cloud point is the maximum temperature at which the phase heterogeneity appears in the fuel, the fuel begins to grow turbid due to the release of microscopic droplets of water, microcrystals of ice or hydrocarbons.

The cloud point is determined in accordance with USS 5066-91 “Motor fuels. Methods for determination of cloud, chilling and freezing points” [30]. The summary of the method for determining the cloud point is the cooling of the test sample and its comparison with the standard test sample. If the fuel has not changed in comparison with the transparent standard, the cooling procedure is repeated, further observation is carried out through each degree. Comparative observations with a transparent standard are carried out until the fuel becomes different from the standard, i.e. when it becomes cloudy [30]. The image of the laboratory unit for cloud point determination is presented in Figure 1.

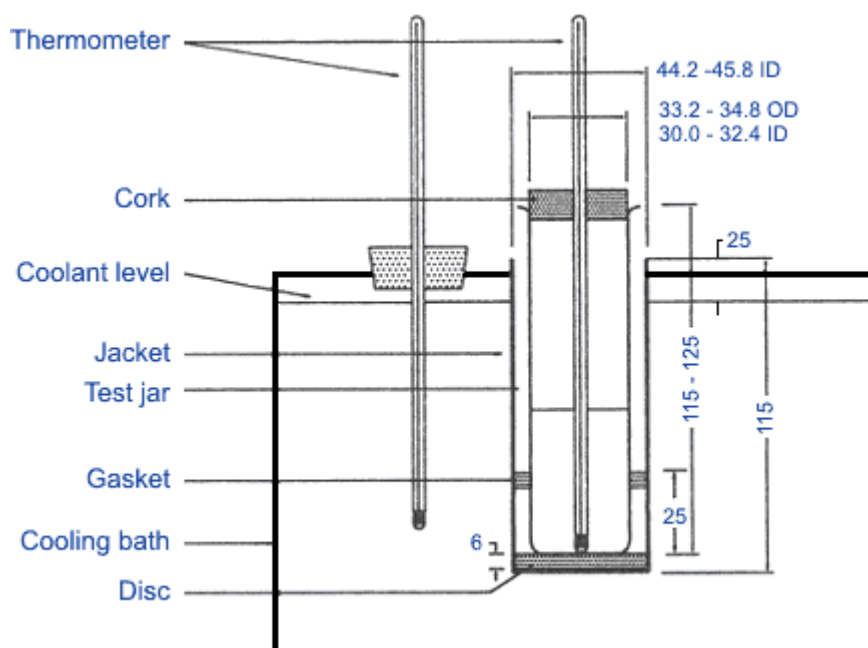


Figure 1 – Laboratory unit for cloud point determination

Pour point is the temperature at which fuel under standard conditions loses mobility (in a 45° inclined tube the fuel level remains fixed for 1 minute). The solidification of fuel is associated with the crystallization of paraffin dissolved in it. Therefore, the pour point depends on the chemical composition of the fuel. In operation, the pour point is taken into account when storing fuel, selecting the heating mode and transporting fuel.

The pour point of diesel fuel is determined according to USS 20287-91 “Petroleum products. Methods of test for flow point and pour point” [32]. The procedure for determining the pour point of diesel fuel is as follows: a dehydrated fuel sample is poured into a glass tube to the mark. The tube is placed in a vessel with a cooling mixture. When the product in the tube takes the temperature set for the pour point, the tube is tilted at an angle of 45° and, without removing from the cooling mixture, is held in this position for 1 minute. After this, the tube is taken out of the cooling mixture, quickly wiped and observed what happened with the meniscus of the test product. If the meniscus has shifted, a new determination of congealing is carried out until the meniscus is don't moves. This temperature is fixed as the pour point. The image of the laboratory unit for pour point determination is presented in Figure 2.

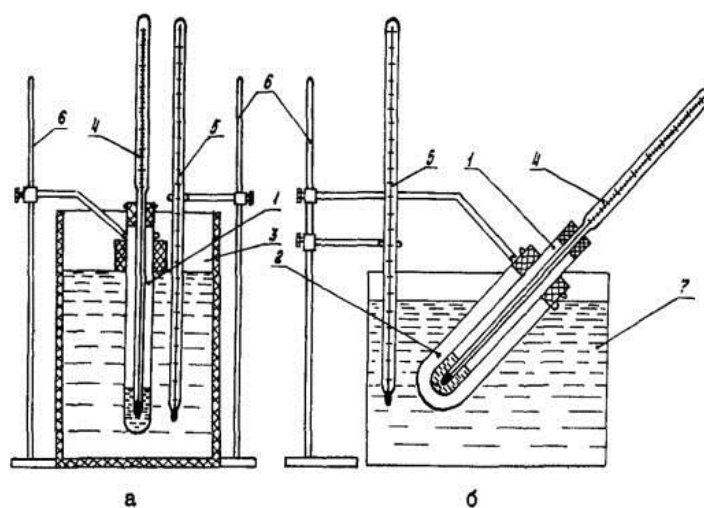


Figure 2 – Laboratory unit for pour point determination

- 1 - chemical test tube with a spherical bottom and ring mark;
- 2 - tube-coupling with a spherical bottom; 3 - vessel for the cooling mixture;
- 4 - mercury thermometer; 5 - thermometer for measuring the temperature in a vessel with a cooling mixture; 6 - supports with holders; 7-cooling agent

Cold filter plugging point is the temperature at which the fuel after cooling under certain conditions ceases to pass through the filter or the filtration time of 20 cm^3 of fuel exceeds 60 seconds.

The cold filter plugging point of diesel fuel is determined in accordance with USS EN 116-2013 “Diesel and domestic heating fuels. Test method of determination

of plugging point” [31]. The summary of the method is as follows: the fuel sample is cooled and dialed into a pipette through a standardized wire mesh filter. Continuing to cool the fuel, this procedure is repeated at intervals of 1 ° C. The test is continued to a temperature at which the fuel flow is slowed down so that the pipette filling time exceeds 60 seconds. The temperature at which the fuel was last filtered is accepted as the cold filter plugging point of the fuel. The image of the laboratory unit for cold filter plugging point determination is presented in Figure 3.

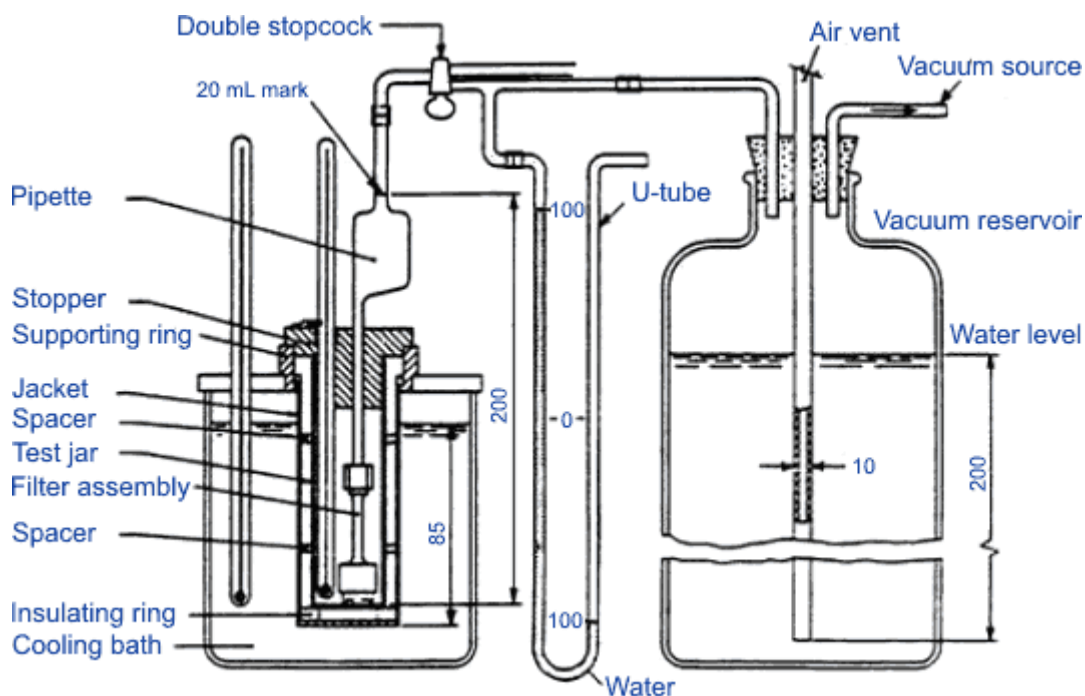


Figure 1 – Laboratory unit for cold filter plugging point determination

The fractional composition of the oil product characterizes its performance characteristics, such as, volatility, the ability to mix with air in the engine, the formation of deposits during combustion. The fractional composition is characterized either by the part of the fraction boiled to a predetermined temperature or by the temperature of the boiling out of certain volumes of fractions.

The fractional composition of petroleum products in this work is determined in accordance with USS 2177-99 “Petroleum products. Methods for determination of distillation characteristics” [37]. For the test, 100 cm³ of the test sample is distilled in an experimental facility. Depending on the kind of analysis, the fractional composition determination results can be represented as the temperature at which a

certain volume of the fraction is distilled off, or conversely, the volume of the fraction that is distilled to a certain temperature.

Diesel fuels in Russia are manufactured according to various standards. The most common standards, according to which diesel fuel is produced in Russia, is [3] USS 305-2013 “Diesel fuel. Specifications” [5] and the Technical Regulations of the Customs Union TU 01/11/2011 “On requirements for automobile and aviation gasoline, diesel and marine fuel, jet fuel and heating oil” [6]. There are also special standards for the production of diesel fuel. For fuel produced for export, this is USS R 52368-2005 (EN 590: 2009) “Diesel fuel EVRO. Specifications” [7], and for dewaxed fuel - USS R 55475-2013 “Dewaxed winter and arctic diesel fuel. Specifications” [8]. All the standards described above impose strict requirements on the physicochemical properties and performance characteristics of diesel fuel.

Depending on the climatic conditions, diesel fuel is divided into brands [5]:

- L – summer, recommended for operation at an ambient temperature of minus 5 °C and above;
- E – interseasonal, recommended for operation at an ambient temperature of minus 15 °C and above;
- Z – winter, recommended for operation at an ambient temperature of minus 25 °C;
- A – Arctic, recommended for operation at an ambient temperature of minus 45 °C and above.

Depending on the brand of fuel, various requirements are imposed on its low-temperature properties. However, of all low-temperature properties, only the cold filter plugging point is normalized by all standards, this is because this indicator characterizes the possibility of using fuel in the engine. So according to [6], the CFPP of the Arctic fuel should not be higher than minus 38 °C, the CFPP of winter fuel should not exceed minus 20 °C, the CFPP of interseasonal fuel should not exceed minus 15 °C, for the summer fuel CFPP is not determined. According to [5], the CFPP of the arctic fuel should be no higher than minus 45 °C, for the winter fuel CFPP is from minus 25 °C to minus 35 °C, for the interseasonal fuel CFPP should be

no higher than 15 °C, and for the summer fuel one should not exceed minus 5 °C. The standard for fuels produced for export [7] further divides the winter and arctic fuel grades into classes from 0 to 4. The requirements for CFPP in this case for Class 0 are not above minus 20 °C, for Class 1, not higher than minus 26 °C, for Class 2 not higher than minus 32 °C, for Class 3 not higher than minus 38 °C, for Class 4 not higher minus 44 °C. The lowest CFPP have diesel fuel grade A-52 produced by the standard [8]. A flammability measure of diesel fuel is the cetane number. The cetane number of diesel fuel according to [6] for fuels 3, 4, 5 emission standard should be not less than 51 points for summer fuel and not less than 47 points for winter fuel. According to [5], the cetane number for any brands of fuel should be at least 45 points, and according to [7] not less than 51 points, but for winter and arctic brands, depending on the class of fuel, the cetane number can be in the range from 49 to 47 points. The requirements for the fractional composition of diesel fuel according to [5-8] are as follows: 95% vol. the fuel must be distilled at a temperature not exceeding 360 °C.

The mass fraction of sulfur in the fuel according to [5-8] should not exceed 350 mg/kg for the fuel of 3rd emission standard, not more than 50 mg/kg for the fuel of 4th emission standard and not more than 10 mg/kg for the fuel of 5th emission standard.

The fuel density at 15 °C for brand L should not be more than 863.4 kg/m³, for brand E not more than 863.4 kg/m³, for brand Z not more than 843.4 kg/m³, for grade A not more than 833.5 kg/m³ [5]. According to [7], the fuel density at 15 °C should be within 820-845 kg/m³, and according to [8] the fuel density at 15 °C should be within 800-855 kg/m³.

1.3 Diesel fuel production

Diesel fuels in comparison with gasoline have a less complex composition. Commodity diesel fuels are usually obtained by mixing several streams and additives. Below, we consider the most common components of diesel fuels.

Straight-run diesel fractions are the basis of commodity fuels. Their cetane numbers, depending on the fractional composition, in some cases reach 60 points

(usually up to 50). As for the sulfur content, when distilling sulfuric oils it is 0.8-1.0% by weight, and when distilling low-sulfur oil not exceeds 0.5% by mass. With modern ecological requirements, hydrotreatment of straight-run diesel fractions is necessary. The low-temperature properties, viscosity, flash point and density of straight-run fractions as well as the fractions of other processes, depend on the fractional composition and within the usual limits meet the requirements for diesel fuels.

Hydrocracking fractions are excellent components for the production of diesel fuel, they are characterized by low sulfur content and high cetane number (48-50 points).

Catalytic cracking fractions are characterized by very low cetane numbers (20-30 points) due to the presence in them of a large number of aromatic compounds. For the same reason, they have excellent low-temperature properties, but a relatively high density.

Thermal processes fractions cannot be involved in production of commodity diesel fuels without serious upgrading. They contain a large number of unsaturated and aromatic hydrocarbons and, as a result, they have poor thermal and oxidative stability and low cetane numbers. This fractions are produced from heavy feedstock, that's why they contain a large number of heteroatomic and resinous compounds. At the same time, it should be noted that thermal processes are considered as promising for the processing of heavy raw materials and increasing the depth of oil refining.

Dewaxing fractions are obtained during the hydrocatalytic dewaxing process, which is designed to reduce the pour point of petroleum products, especially diesel fuels and lubricating oils. Reduction in the pour point of petroleum products is achieved through selective hydrocracking and hydroisomerization of normal paraffinic hydrocarbons on specially developed selective catalysts [3].

Depending on the brand of fuel produced, various components are used for its production.

Summer and interseasonal diesel fuel is obtained by mixing straight-run, hydrotreated and secondary hydrocarbon fractions with a boiling temperature of 180-360 ° C.

Winter diesel fuel is obtained by mixing straight-run, hydrotreated and secondary hydrocarbon fractions with a boiling point of 180-340 ° C. Also, winter diesel fuel is obtained from summer diesel fuel by adding additives that improve low-temperature properties.

Arctic diesel fuel is obtained by mixing straight-run, hydrotreated and secondary hydrocarbon fractions with a boiling point of 180-320 ° C. The limits of boiling of arctic fuels correspond approximately to the boiling range of kerosene fractions, so this fuel is essentially a weighted kerosene. However, pure kerosene has a low cetane number of 35-40 points and insufficient lubricating properties. To eliminate these problems, cetane-improver and lubricity additives are added to the arctic fuel. A more expensive way of obtaining arctic diesel fuel is dewaxing of summer diesel fuel.

1.4 Additives for diesel fuel

The constant tightening of the requirements for the quality of the diesel fuel produced forces manufacturers to look for new ways to improve it. The simplest and most economical way to improve any fuel characteristics is the use of additives.

The following types of additives have been most widely used at present: cetane-improver additives (ignition promoters), anti-wear (lubricity) additives, additives improving low-temperature characteristics of diesel fuels (depressors, dispersants, depressors-dispersant additives) and multifunctional (detergent) additives [3].

1.4.1 Cetane-improver additives

If it is necessary to increase the cetane number of diesel fuels, cetane-improving additives are often used in practice. The simplest and most widespread are additives based on alkyl-nitrates (isopropyl-, amyl- or cyclohexyl nitrates and their mixtures). They are added mainly to winter and arctic fuel brands produced by removal of n-paraffins, and low-grade fuels, obtained, for example, on the basis of

gas oils of catalytic cracking [3]. The drawback of using such additives is an increase in fuel coking [10]. In recent years, many works have been carried out, as a result of which a significant number of new additives were found. From the various studied and tested groups of compounds, nitrates (isopropyl nitrate, amyl-nitrate, cyclohexyl nitrate), peroxides (di-tert-butyl-peroxide, isopropylbenzene hydroperoxide, ethylisopropylphenylperoxide) and some nitro compounds and nitrites were the most effective [11, 12]. It is known [12] that diesel fuels, like gasolines, have a different susceptibility to additives. That's why for fuels obtained by cracking process, as a rule, the cetane number increases slightly lower than for straight-run fuels [13].

The action mechanisms of cetane-improver additives is to accelerate pre-flame reactions, promote the branching of oxidation chains and the formation of new reaction centers due to the replacement of the hydrocarbon decomposition primary reaction of fuel with a more energy-efficient additive decomposition reaction [3].

1.4.2 Lubricity additives

A significant influence on the fuel lubricating properties is the presence of surfactants, natural heteroatom compounds in the fuel. Thus, many sulfur compounds contained in diesel fuel, sulfides and benzothiophenes, are characterized by high anti-wear properties [14].

With the tightening of the requirements for sulfur content in diesel fuel (for fuels of the 5th emission standard no more than 10 mg/kg [6]), it is impossible to ensure the necessary lubricity of the fuel without the use of additives.

To prevent the chafe of fuel system components, lubricity additives are introduced into diesel fuels. However, it should be noted that the various hydrocarbons that are part of diesel fuel are a kind of lubricant themselves. Therefore, it can be argued that the anti-wear properties of fuels prior to the provision of additives are determined not only by the content of sulfur compounds, but also by the group hydrocarbon composition of the fuel [15, 16], primarily by the presence of naphthenic hydrocarbons, and the lubricity of aromatic hydrocarbons of diesel fuel deteriorates in the series: tricyclic, bicyclic, monocyclic [17].

1.4.3 Low-temperature additives for diesel fuels

One of the main disadvantages of diesel fuels is their low-temperature properties, which lead to difficulties in starting diesel engines in winter. It is also important that in Russia there is a shortage of winter varieties of diesel fuels. Therefore, in the Russian climate, additives improving the low-temperature properties of diesel fuels are of the greatest importance. At the same time, the use of additives is not a universal method, as there is often a need to select individual additives for each individual batch of fuel [18, 19].

1.4.3.1 Depressor additives

The main purpose of using depressor additives is to reduce the pour point and the cold filter plugging point of diesel fuels. As a rule, depressor additives are introduced into diesel fuel at the final stage of production for bringing up the fuel characteristics to the required standards. Also modern additives can be used by the end user to improve the low temperature properties of the fuel when necessary.

Research in the direction of creating depressor additives for diesel fuels began in the mid-60s of the 20th century. Late appeal of researchers to this problem is explained by the fact that depressor additives, significantly reducing the pour point of fuel, practically do not effect on the cloud point. At the same time, it was precisely the cloud point that was for a long time considered the main criterion in determining the suitability of fuels for use in winter.

Studies on the synthesis of depressor additives for diesel fuels began to intensively develop after it was determined that the cloud point is not the limiting factor for using fuels at low temperatures, while limiting factor is the cold filter plugging point and pour point.

The effect of depressor additives only on the cold filter plugging point and the pour point of diesel fuels is explained by the mechanism of these additives action. The effect of depressor additives is reduced to their influence on the crystallization processes and structure formation of solid, primarily paraffinic hydrocarbons. The most common are the following ideas about the mechanism of additives action: the adsorption of additives on paraffin crystals, the joint crystallization of depressor with

hydrocarbon molecules, the interaction of additives with solid hydrocarbons with the formation of associated complexes [21].

The currently known depressor additives for diesel fuels can be classified according to their chemical nature as follows [20]:

- copolymers of ethylene with polar monomers (ethylene-vinyl acetate copolymers and their compositions, terpolymers based on ethylene and vinyl acetate, copolymers of ethylene with other polar monomers);
- products of polyolefin type (copolymers of ethylene-propylene, ethylene-propylene-diene and their degradation products, copolymers of α -olefins, modified polyolefins);
- polymethacrylate additives (polyalkyl (meth) acrylates, copolymers of alkyl (meth) acrylates);
- chemical substances of non-polymeric type (alkylnaphthalenes, esters of polyhydric acids and alcohols, amides containing long alkyls).

When selecting depressors, it should be taken into account that their effectiveness depends on the nature of the fuel (fractional composition, content of various hydrocarbon groups, etc.).

Therefore, for each refinery, an individual depressor is actually selected from a wide range of products offered by foreign firms. The use of depressor additives allowed the development of special brands of diesel fuels obtained by introducing a depressor into summer fuel in Russia. This partially solved the problem of providing the country with fuel suitable for work at low temperatures [3].

1.4.3.2 Dispersant additives

With all the positive aspects of the depressant additive use, their essential disadvantage is the instability in diesel fuel. With longterm storage of diesel fuels, the small associated crystals of the depressor and paraffins formed and after that they sediment in the tank where the fuel is stored, because of this two layers are formed: the upper one is light and the lower one is turbid, enriched with paraffins. Both layers are movable, but when the fuel is taken from the lower layer, the engine runs with non-stability. The problem is solved by special additives - dispersants. The effect of

their application is the formation of very small crystals of paraffins with great sedimentation resistance [22]. Particularly important are paraffin dispersants in countries with a long cold season. Therefore, in Russia, the use of depressor and dispersant additives is highly recommended. A rather wide range of dispersants has been developed abroad [23], these additives can be used as a separate commercial product and in combination with depressors. Additives of this kind, in which the depressor with the dispersant are compounded, are called depressor-dispersant compositions.

Paraffin dispersants usually are high molecular weight amides and imides of carboxylic acids, quaternary ammonium salts and amines of the polyalkylene polyamine type [24], there are developments of dispersants based on resoles derived from alkylphenols with a long hydrocarbon chain of normal structure [25]. However, manufacturers do not disclose the exact composition and technology of the production of paraffin dispersants [26].

Приложение 2

Таблица 1 – Анилиновый коэффициент К для различных концентраций аренов
во фракциях, выкипающих выше 150 °С

Депрессия максимальной анилиновой точки, °С	Пределы выкипания фракции, °С			
	150 – 200	200 – 250	250 – 300	300 – 350
2	1,58	1,76	1,94	2,10
4	1,56	1,74	1,91	2,06
6	1,54	1,72	1,88	2,03
8	1,52	1,70	1,85	1,99
10	1,50	1,68	1,82	1,95
12	1,49	1,66	1,79	1,92
14	1,48	1,64	1,76	1,88
16	1,47	1,62	1,74	1,85
18	1,46	1,60	1,71	1,82
20	1,45	1,57	1,68	1,79
22	1,44	1,55	1,66	1,77
24	1,43	1,54	1,64	1,74
26	1,42	1,52	1,62	1,71
28	1,41	1,51	1,60	1,68
30	1,40	1,49	1,58	1,66
32	1,39	1,48	1,56	1,66
34	1,38	1,46	1,54	1,64
36	1,37	1,45	1,52	1,62
38	1,36	1,43	1,52	1,59
40	1,35	1,42	1,48	1,57
42	1,34	1,40	1,46	1,54
44	1,33	1,39	1,44	1,51
46	1,32	1,37	1,42	1,49
48	1,31	1,35	1,39	1,43
50	1,30	1,34	1,37	1,40

Таблица 2 – Анилиновые коэффициенты циклоалкановых углеводородов K_1 и средняя максимальная анилиновая точка чистых парафиновых углеводородов T_1

Пределы выкипания фракции, °С	Анилиновые коэффициенты циклоалкановых углеводородов, K_1	Анилиновая точка чистых парафиновых углеводородов T_1 , °С
150 – 200	5,00	78,0
200 – 250	5,00	85,8
250 – 300	5,00	93,0
300 – 350	5,00	99,5